U d'/of OTTAWA
39003004839675

EDITION ILLUSTREE.

LES MYSTÈRES DE L'UNIVERS

l'Abbé Th. MOREUX
Directeur de l'Observatoire de Bourges.

Bleue.

L'OCÉAN AÉRIEN

PARIS
A. FAYARD
éditeur
RUE DU SAINT-GOTHARD,
18 et 20

L'Océan aérien

Ouvrages de la même Collection et du même Auteur :

Quelques heures dans le Ciel.

L'Océan Aérien.

Les Merveilles des Mondes.

POUR PARAITRE PROCHAINEMENT :

Les Secrets de la Mer.

Un Jour dans la Lune.

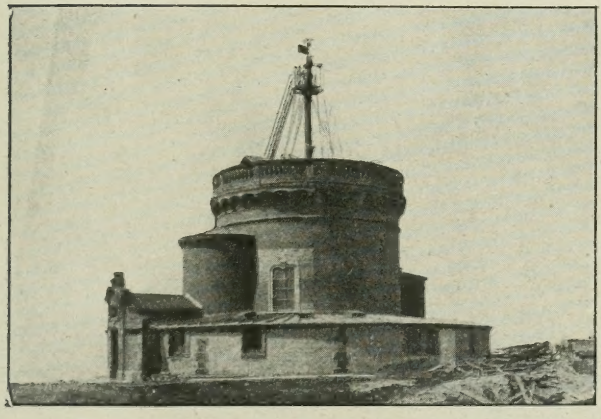
Abbé Th. MOREUX
Directeur de l'Observatoire de Bourges

JUIL 30 1973

L'Océan aérien

UNIVERSITAS O. M. I. OTTAWIENSIS

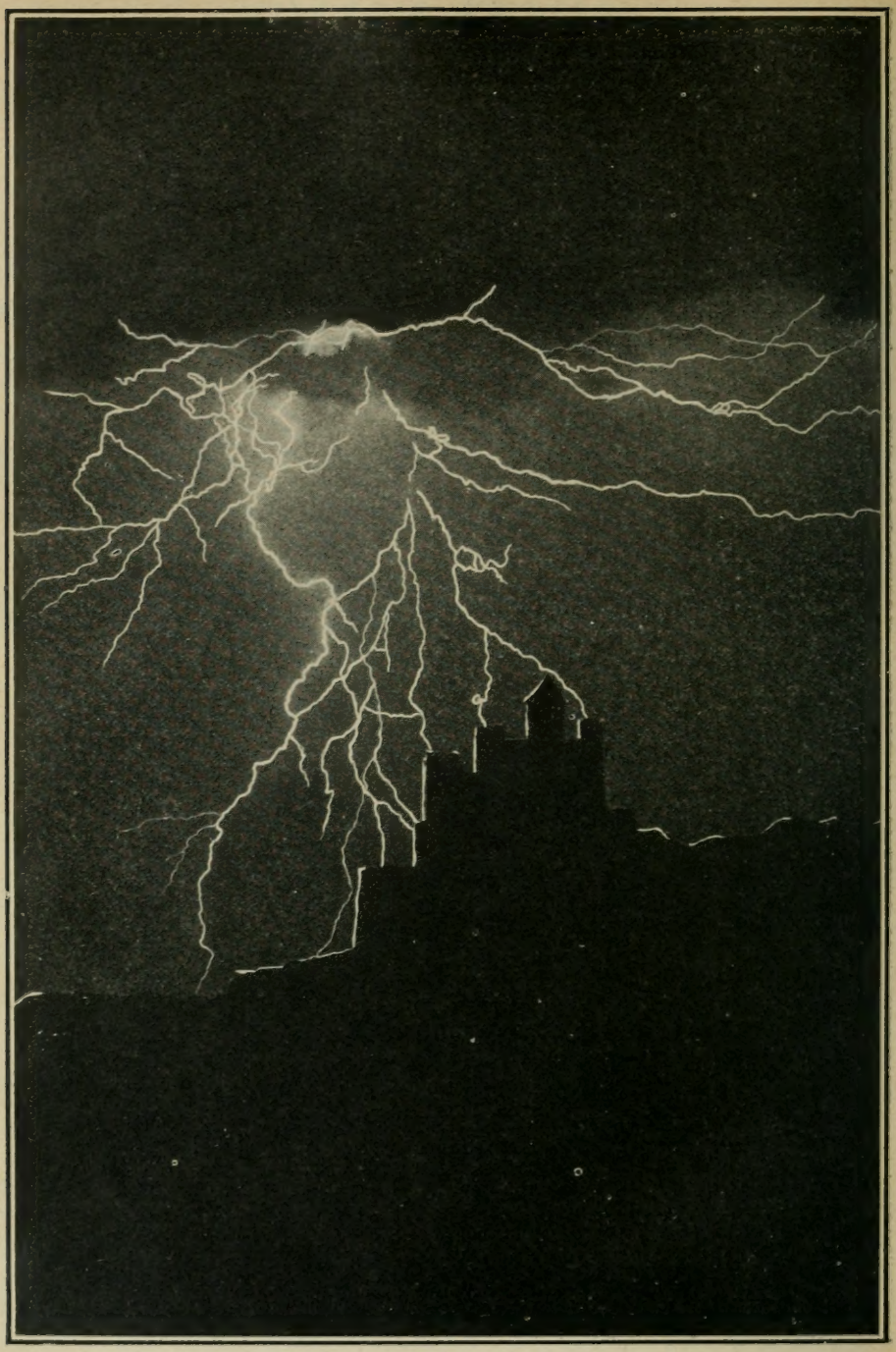
Illustrations d'après des photographies
et documents originaux



PARIS
ARTHÈME FAYARD, ÉDITEUR
18-20, RUE DU SAINT-GOTHARD, 18-20

Tous droits réservés

Universitas BIBLIOTHECA Ottaviensis



Une décharge électrique entre les nuages et la terre.

(*Cliché Lansiaux.*)

QB
505
M40

PHOTOGRAPHIE DE NUAGES. (*Cliché Quénisset.*)

CHAPITRE PREMIER

L'Océan aérien.

L'atmosphère terrestre, cette mince pellicule gazeuse, entourant de toutes parts le globe roulant qui nous porte, est en tout point comparable à un vaste océan, au fond duquel s'accomplissent les destinées de l'humanité : océan aérien, sillonné comme les mers de courants violents, agité de remous tumultueux, secoué par les tempêtes, peuplé, comme l'océan liquide, de plantes et d'animaux de toutes sortes, régi comme lui par les lois des fluides.

Dans l'orbe immense que la Terre accomplit, en une année, autour du Soleil, chaque région du globe — les contrées polaires exceptées — se présente 365 fois devant l'astre du jour et vient se réchauffer au contact de ses fécondants rayons.

Tel est le phénomène qui donne lieu aux grands courants des enveloppes liquide et gazeuse de notre planète, comme aussi à la diversité des saisons et aux variations rapides de notre climat.

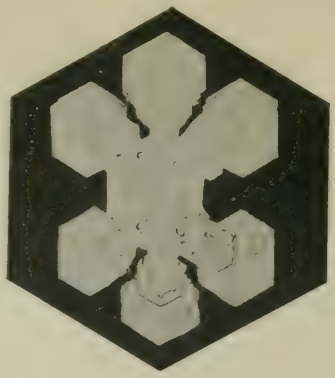
Si les surfaces continentales étaient réparties d'une façon uniforme ou même symétrique, l'étude de l'atmosphère et des lois de la Météorologie terrestre constituerait la science la plus simple du monde.

Malheureusement, il est loin d'en être ainsi, et, au surplus, la Physique nous enseigne que l'instabilité des molécules est la propriété caractéristique, la règle pour ainsi dire de toute masse gazeuse; étudier les mouvements intérieurs de l'enveloppe atmosphérique, prévoir la naissance d'un

courant amorcé par la chaleur solaire, prédire sa marche et sa direction, autant de problèmes qui peuvent se ranger parmi les plus ardus et les plus compliqués que notre science ait à résoudre.

Toutes les branches des connaissances humaines sont d'ailleurs intéressées à la solution de cette énigme posée à l'esprit humain depuis des siècles.

La Thermodynamique, c'est-à-dire la science de la chaleur, devra nous renseigner sur la quantité de calorique reçue du Soleil, sur ses effets au sein de la masse atmosphérique, sur la répartition des températures dans les couches d'air affectées.



En cristallisant, la goutte d'eau prend des formes géométriques.

L'Hydrostatique, en étudiant l'écoulement des fluides et les résistances dues aux frottements, devra nous dire ce que deviendront les grands courants aériens, pendant que la Physique générale s'occupera des lois de l'évaporation, de la distribution de l'humidité, de la formation des nuages, des pluies, de la neige, des tempêtes et des cyclones.

A l'Optique, le Météorologiste demandera l'explication des phénomènes lumineux : arcs-en-ciel multicolores, crépuscules aux halos brillants qui accompagnent l'astre des nuits, ou couronnes étincelantes provoquées par les jeux de la lumière solaire.

CRISTAL DE NEIGE VU AU MICROSCOPE.

A l'Electricité et au Magnétisme il demandera la genèse des orages, la cause de l'éclair et de la foudre, comme aussi celle des lueurs phosphorescentes qui s'allument aux lointains des régions polaires ; crépuscules où palpitent des teintes affaiblies d'opale, rayons brillants, banderoles, tissues de fils éthérés, aurores aux draperies tremblotantes qui déploient la magie de leurs effets au sein des nuits arctiques.

A son tour, le Chimiste interviendra pour analyser les substances contenues dans l'atmosphère, étudier les causes de leurs variations et demander au Physiologiste d'en faire connaître les effets sur les êtres vivants.

A l'Astronome reviendra le soin de calculer l'action des astres sur l'océan aérien, les vicissicitudes des saisons, les fluctuations des températures, des phénomènes électriques, des pluies, du climat, en rapport avec les variations incessantes de l'activité solaire.

De même cependant qu'aucun problème ne pourrait se résoudre sans données préalables, aucune science ne saurait se constituer sans les faits et l'expérience. Pour arriver à des conclusions certaines dans ce domaine si étendu de la Physique du globe, il faut donc des observations nombreuses, et c'est au Météorologiste de les rassembler.

Elles ne lui manqueront pas, sans doute, mais depuis combien d'années sont-elles recueillies d'une façon systématique ? Il y a quelque trente ans, a peine, on aurait pu comparer l'observateur des phénomènes de l'atmosphère à ces poissons aveugles, relégués au fond des abîmes mystérieux des mers et qui auraient cherché à se rendre compte des manifestations grandioses se déroulant à quel-

Vue générale de l'Observatoire météorologique de Montsouris a Paris.

ques kilomètres au-dessus de leurs têtes.

Evidemment, pour nous aussi, ce qui nous intéresse davantage et nous touche de plus près, ce sont bien « les vagues de fond » de notre océan aérien, mais les effets ressentis ne dépendent-ils pas eux-mêmes de causes trop éloignées de la surface terrestre pour que nous puissions en apprécier toute la valeur?

Sous ce rapport, toutefois, nous avons tenté de grands efforts. A côté d'un réseau d'observations méthodiques dont les mailles enlacent le globe entier et se resserrent chaque jour davantage, nos ballons-sondes et nos cerfs-volants commencent d'explorer pas à pas les hautes régions de l'atmosphère.

L'aviation elle-même nous sera d'une grande utilité pour recueillir des données positives sur les couches les plus basses, et si les progrès sont lents, les faits ne s'en accumulent pas moins d'une façon à la fois sûre et persistante.

A l'heure actuelle où la Météorologie se lance sur le chemin de nouvelles conquêtes, il m'a paru intéressant d'en exposer les principes à mes nombreux lecteurs.

Loin de moi la prétention d'en aborder ici tous les sujets; en France comme à l'étranger, les Traités de Météorologie ne manquent pas. Les pages qui suivront seront, j'ose l'espérer, la meilleure initiation à leur étude; puissent-elles contribuer à entretenir chez les plus humbles pionniers de la science météorologique le zèle persévérant qu'ils doivent posséder pour accomplir leur tâche obscure et quotidienne, susciter ici des efforts, là des vocations ; faire comprendre à tous que dans le grand livre de la nature ouvert à nos yeux extasiés, se montre partout une Force puissante et mystérieuse qui règle la vie du ciron, comme celle des planètes ou des soleils lointains et qui, derrière les phénomènes grandioses que nous contemplons, nous apparaît toujours présente en tous les points de ce vaste Univers.

PHOTOGRAPHIE DE NUAGES (EFFET DE CONTRE JOUR).

(Photo Mesmernier.)

PHOTOGRAPHIE DE NUAGES (CUMULUS). *(Cliché Quénisset.)*

UNIVERSITÉ O. M. I. OTTAWIENSIS

CHAPITRE II

Que respirons-nous ?

La constitution physique et chimique de l'atmosphère est demeurée inconnue à l'humanité pendant de longs siècles. Le moyen âge, lui-même, n'eut sur l'état gazeux de la matière, que des aperçus tout à fait incomplets : c'était la période des tâtonnements et le règne de l'Alchimie.

La Chimie moderne, qui a permis le développement de presque toute l'industrie humaine, ne date, à proprement parler, que de la fin du XVIIe siècle; non point qu'on ignorât alors les propriétés des substances usuelles et quantité de réactions, mais l'amas indigeste des faits constatés ne pouvait prétendre au droit de véritable doctrine.

On savait fort bien, par exemple, que toute vie est suspendue par le manque d'air, ou qu'un foyer privé de cette substance s'éteint fatalement; mais de quelle manière s'opéraient le mécanisme de la combustion et celui de la respiration ? Les meilleurs savants l'ignoraient.

Ce fut même en vain que John Mayow prouva, avec expériences à l'appui, que l'air se fixe réellement sur les métaux calcinés; la science officielle ferma les yeux et le nom du novateur tomba dans l'oubli.

A toutes les époques, cependant, la science humaine a besoin de théories; vraies ou fausses les hypothèses paraissent nécessaires pour aiguillonner notre désir

de résoudre les énigmes de la nature. Cette fois, ce fut un savant allemand qui se chargea de fournir les explications attendues.

Stahl affirma, en effet (1731), que l'air atmosphérique ne pouvait en aucun cas se combiner ou se fixer sur d'autres substances. On lui demanda des explications et Stahl répondit par une théorie : la fameuse doctrine du *phlogistique* ou élément de feu.

Après avoir rejeté toutes les substances, le chimiste d'outre-Rhin en revenait aux quatre éléments d'Aristote!

La composition des corps s'expliquait par l'union en proportions différentes de l'eau, de la terre, de l'air et du phlogistique.

Ce dernier remplaçait le feu des anciens alchimistes; au fond, Stahl s'était contenté simplement de changer l'étiquette.

Lorsqu'un corps brûlait, il perdait son phlogistique et ainsi changeait de nature.

— « Et c'est là une chose bien étrange, lui fit-on observer; en chauffant un métal, comme le fer, nous obtenons de la rouille, puisque d'après vous le fer est composé de rouille (ou terre) et de phlogistique. Si donc la chaleur enlève l'un des composants, le phlogistique, la rouille doit être allégée de tout le poids de la substance disparue.

« Eh! bien c'est précisément tout le contraire qui arrive. Un morceau de fer en brûlant fournit un poids de rouille plus élevé. »

Une telle objection paraissait insoluble, mais les partisans du phlogistique n'étaient pas pris pour si peu.

— « La rouille, répondirent-ils, pèse plus que le fer, bien que le phlogistique s'en soit évadé, et vous osez demander pourquoi? Mais, ignorants que vous êtes, vous ne devinez donc pas que ce phlogistique uni à un corps possède le privilège de lui enlever de son poids.

Toujours la vertu dormitive de l'opium, dont Molière s'est tant moqué.

Peu à peu, cependant, les faits s'accumulaient et leur interprétation par la théorie de Stahl devenait de plus en plus pénible.

C'est alors que surgit un génie français à l'esprit méthodique, à l'intelligence affinée, et dont la logique puissante devait d'un souffle abattre le château de cartes édifié à grands frais par la science nébuleuse de l'Allemagne.

J'ai cité Lavoisier que des années d'études avaient préparé à la grande réforme d'où sortirait la Chimie moderne.

Adolescent, il avait fréquenté le collège Mazarin, et son goût pour les sciences s'était affirmé à tel point que, ses humanités terminées, le jeune Lavoisier avait résolu de les étudier sous la direction des meilleurs professeurs de l'époque; Bernard de Jussieu lui enseigna la Botanique; Guettard, la Géologie, pendant que l'abbé de Lacaille l'initiait aux Mathématiques et à l'Astronomie. Mais la Chimie l'attira bientôt et fascina son esprit, grâce peut-être à celui qui le premier lui en ouvrit les arcanes.

Ce chimiste s'appelait Rouelle et c'était bien l'homme le plus drôle et le plus fantasque qui fût au monde.

A en juger par la façon dont il professait, si ses Mémoires n'étaient là pour attester son génie, on pourrait vraiment se demander comment un tel homme put arriver à former des disciples tels que Venel, Cadet, Macquer, Darcet, Roux, Berthollet et Lavoisier.

Rouelle ignorait les règles les plus élémentaires de la bienséance, et son vocabulaire était aussi imagé que celui d'un homme de basse éducation.

Au lendemain de la bataille de Rosbach, à laquelle il avait pris part, car il était patriote, il ne tarissait pas en invectives contre Soubise, et comme Buffon prenait la défense du prince : « Ne le défendez pas, s'écria Rouelle, c'est un animal infime, un mulet cornu, un double cochon borgne!..., etc... »

Rouelle avait débuté par les fonctions de *démonstrateur*, — on dirait préparateur aujourd'hui — dans le cours public du Jardin du Roi. Bourdelin, le professeur d'alors, finissait habituellement sa leçon

par ces mots : « Comme M. le démonstrateur va le prouver par ses expériences. » Et Rouelle qui lui succédait commençait presque toujours par cette phrase stéréotypée : « Messieurs, tout ce que vient de vous dire M. le professeur est faux et absurde, comme je vais avoir l'honneur de vous le prouver. » Et malheureusement pour le professeur, M. le démonstrateur tenait souvent parole.

Quand Rouelle succéda à Bourdelin, il y eut un véritable engouement pour suivre les cours d'un homme aussi bizarre. On allait à ses leçons comme au spectacle et à la comédie; et parfois on s'y divertissait davantage.

Ordinairement Rouelle arrivait en grande tenue, habit de velours, perruque bien poudrée et petit chapeau sous le bras. Assez calme tout d'abord, le professeur s'échauffait peu à peu, parlait avec volubilité, s'agitait, posait son chapeau sur un appareil, ôtait sa perruque, dénouait sa cravate, et tout en dissertant avec de grands gestes, déboutonnait son habit et sa veste qu'il quittait l'un après l'autre.

Il avait pour aides son frère et son neveu, mais ceux-ci n'arrivaient pas toujours à l'heure.

Rouelle criait alors de tous ses poumons : « Neveu, éternel neveu... » Et lorsque l'éternel neveu ne venait point, le professeur allait lui-même quérir flacons et cornues dans le laboratoire voisin.

Ceci ne l'empêchait aucnement, d'ailleurs, de continuer à déclamer son cours... et lorsqu'il réapparaissait en scène la démonstration était achevée et il criait : « Oui, Messieurs!... »

Brusque, nerveux, toujours agité, d'une distraction excessive, il cassait tous les instruments qu'il ne prenait pas le temps d'ajuster.

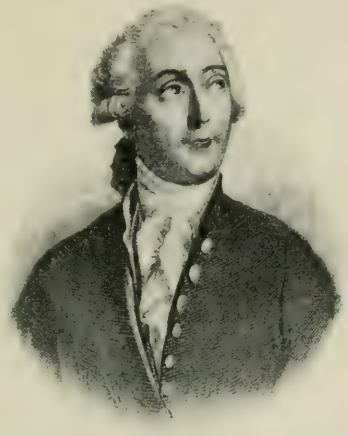
Un jour qu'il faisait une expérience dangereuse il disait à ses auditeurs :

— Vous voyez bien, Messieurs, ce chaudron sur ce brasier. Eh bien, si je cessais de remuer un seul instant, il s'ensuivrait une explosion qui nous ferait tous sauter en l'air.

Et ce disant, il cessa d'agiter la masse par distraction, et sa prédiction fut accomplie, au grand effroi de tous les assistants.

L'explosion fut formidable, les vitres de la salle volèrent en éclats, personne heureusement ne fut blessé; l'effet de l'explosion avait surtout porté par l'ouverture de la cheminée.

M. le démonstrateur en fut quitte pour cette cheminée et une perruque.



LAVOISIER (1743-1794).
Cet illustre chimiste français peut être regardé comme le créateur de la chimie moderne.

Ce fut donc à pareille école que Lavoisier apprit la chimie. Mais bientôt l'élève dépassa le maître, et ses premiers Mémoires le conduisirent tout droit à l'Académie (1768).

Trois ans auparavant il avait épousé Mlle Paulze, fille d'un fermier général et âgée seulement de treize ans.

D'une grâce charmante, la jeune femme réunit dans ses salons tout ce que Paris comptait de noms illustres; elle-même prenait part aux conversations scientifiques et devint pour son mari le plus actif et le plus dévoué de ses collaborateurs. Elle dessinait admirablement et pour illustrer le Traité de Chimie du grand savant, elle eut même le courage d'apprendre la gravure.

Dès lors une brillante carrière s'ouvrit devant l'illustre chimiste. La dot de sa femme lui avait apporté la fortune et Lavoisier en fit toujours le plus noble usage : les pauvres et les hommes de science ne

l'ignorèrent jamais. M. Paulze obtint alors pour son gendre une place de fermier général. Cette situation qui lui permettait d'étendre l'action de sa charité devait, hélas! lui être bientôt fatale.

Le 2 mai 1794, tous les anciens fermiers généraux furent traduits devant le tribunal révolutionnaire, et Lavoisier était du nombre.

Ses amis firent bien quelques timides démarches, mais elles demeurèrent sans portée. Seul, le Dr Hallé osa présenter un rapport où il rappelait les immenses découvertes du grand savant : recherches sur la chaleur animale, sur la composition de l'air, sur la fabrication du salpêtre et des poudres, industrie qu'il avait créée de toutes pièces au profit de la nation; travaux sur les matières organiques, études de la chaleur en Physique, et dont la portée devait être si considérable pour le développement de cette partie des sciences...

C'était peine perdue. Le rapport fut bien distribué aux membres de la Convention, mais les représentants du peuple étaient aussi forts que ceux qu'ils représentaient, personne ne comprit rien à tant de science, et la condamnation imméritée fut maintenue.

Ce fut alors que le chimiste Loysel tenta une dernière démarche et présenta au tribunal révolutionnaire une simple demande de sursis. Pour toute réponse le président Dumas prononça ces paroles qu'on voudrait mettre sur le compte de la légende, mais qui ne sont, hélas! que trop authentiques : « La République n'a pas besoin de chimistes. » Réponse aussi absurde qu'horrible. Plus d'une fois déjà la République avait eu besoin des chimistes, et le temps était proche où, de nouveau, elle aurait recours à leur lumière pour la défense de la Patrie.

Le 8 mars 1794, Lavoisier mourait sur l'échafaud : il n'avait que cinquante ans.

« Un instant leur a suffi pour faire tomber cette tête, disait l'illustre mathématicien Lagrange, au lendemain de cette exécution, et cent ans ne leur suffiront pas pour en produire une semblable. »

Aujourd'hui, la vie et la mort de cet admirable génie, d'un dévouement sans bornes pour ses semblables, n'est plus connue que des savants et de quelques amis de l'humanité.

Quand on relit les Mémoires du temps, quand on songe qu'un peu plus d'un siècle seulement nous sépare d'une époque aussi tourmentée, quand on pense qu'au nom de la Fraternité et du Progrès, les représentants de notre grande nation française ont décapité le créateur de la Chimie moderne, il y a dans notre histoire des pages qu'on voudrait déchirer.

La postérité a rendu au génie de Lavoisier les hommages qu'il eût mérités de son temps, et c'est faire œuvre de justice que de redire ici les belles expériences qui ont conduit l'illustre savant à la pose des premières assises d'un édifice que pas un chimiste à l'heure actuelle ne peut se flatter de connaître dans les détails.

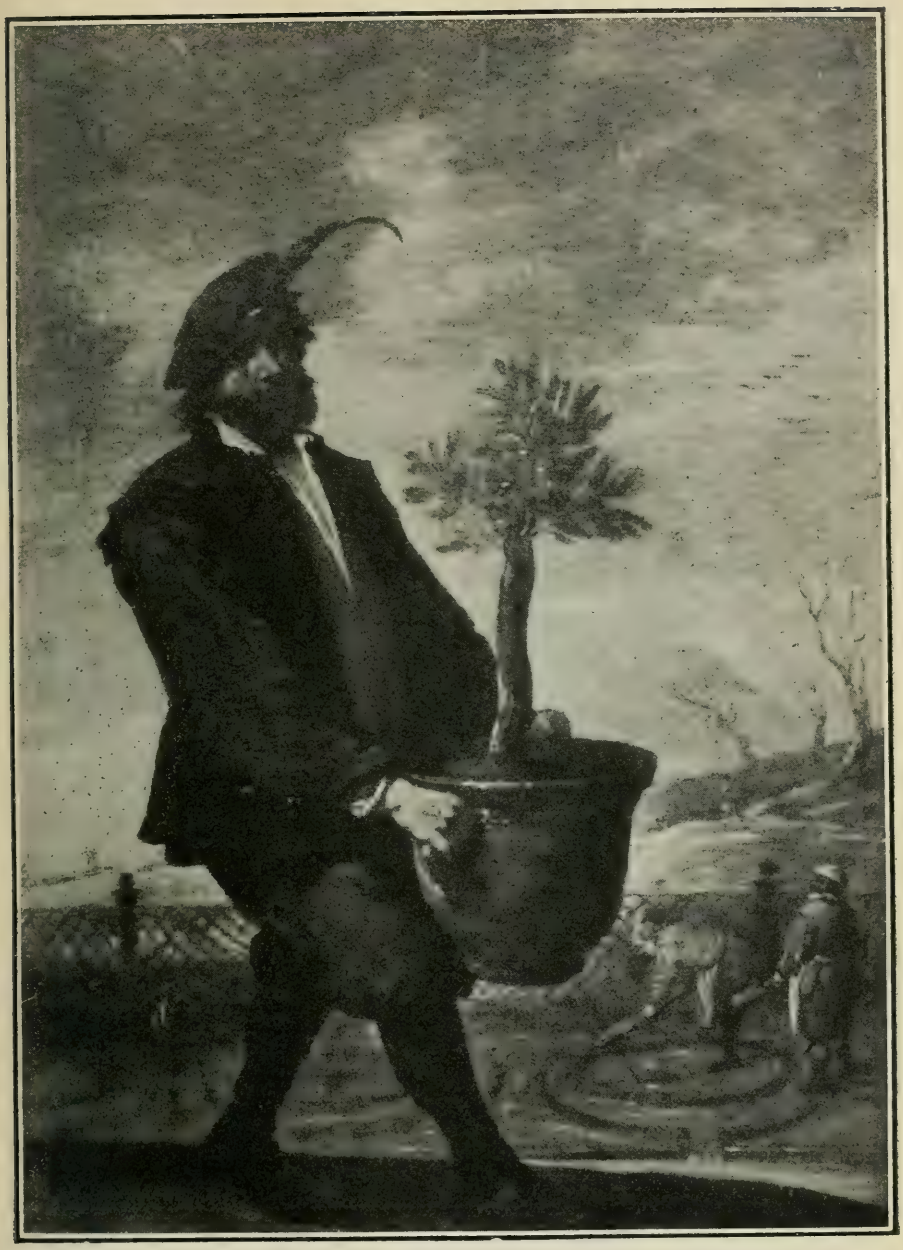
Ces expériences eurent surtout rapport à la constitution de l'air. Leur portée fut incalculable, et leur moindre mérite fut de ruiner de fond en comble l'idée allemande du phlogistique.

Après avoir renfermé en un vase clos 4 onces de mercure et un volume d'air bien mesuré, Lavoisier eut la patience de chauffer le mélange durant douze jours et douze nuits. Il put alors constater que l'air avait notablement diminué; ce qui en restait était irrespirable et impropre à entretenir la combustion.

D'autre part, le mercure s'était transformé en une poudre rouge que nous appelons aujourd'hui *oxyde* de mercure, et dont le poids avait augmenté de celui de l'air disparu.

La démonstration fut plus concluante lorsque Lavoisier, chauffant la poudre rouge, en retira l'oxygène absorbé, puis le mélangea avec le gaz non respirable de l'expérience et reconstitua ainsi l'air introduit primitivement dans le vase clos.

La preuve était indiscutable : l'air contenait à l'état de mélange 1/5 de son volume d'oxygène, le reste étant formé d'un gaz qu'il appela *mofette* et qui depuis a



LE PRINTEMPS. *(Cliché Giraudon.)*

Galerie Nationale de Londres. Tableau de David Téniers.

reçu le nom d'*azote*, c'est-à-dire impropre à entretenir la vie.

L'expérience a été répétée depuis dans des conditions extrêmement précises, et nous savons aujourd'hui que 1 000 litres d'air contiennent un mélange de 208 litres d'oxygène et de 792 litres d'azote.

Mais comme un litre d'oxygène pèse un peu plus qu'un litre d'azote, la proportion pour les poids n'est pas tout à fait la même.

Ainsi voilà deux éléments constants de l'atmosphère terrestre que nous retrouvons partout, aussi bien à la surface des océans qu'au sommet des plus hautes montagnes.

Dans les conditions de vie où se trouve notre globe, nous ne pouvons nous passer ni d'oxygène ni d'azote. On ne pourrait aussi, sans danger, augmenter l'un des gaz au détriment de l'autre.

Rappelez-vous la délicieuse fantaisie de Jules Verne dans *le Docteur Ox*.

Après avoir établi ses conduites de gaz, le bizarre docteur avait saturé d'oxygène pur toutes les maisons d'une petite ville des Flandres. A vivre dans un tel milieu, les habitants étaient devenus nerveux, irritables, et surexcités au dernier point. La nature de ces braves Flamands avait été transformée en peu de temps, et si une explosion n'eût mis fin à cet envahissement gazeux, nul doute que la moyenne de la vie ne se fût abaissée d'autant. L'oxygène active, en effet, la combustion de l'organisme dont l'évolution devient plus rapide, et c'est l'azote qui tempère sa brûlante action.

En augmentant la production d'azote, des troubles contraires surviendraient dans la machine animale et Jules Verne aurait pu écrire la contre-partie de son roman en imaginant un « docteur Az » saturant les habitants d'un village du Midi pour arrêter leur exubérance.

Ce serait aussi l'effet du gaz carbonique contenu dans l'atmosphère en proportion de 3 litres environ par mètre cube.

Mais les chimistes en maladie d'analyse ne se sont pas arrêtés là; à mesure que progressent leurs moyens, la liste des substances que nous trouvons dans l'air s'augmente tous les jours. Où s'arrêtera-t-on?

Certaines circonstances font naître, d'ailleurs, de nouveaux composés plus ou moins stables.

S'il vous est arrivé de passer après un orage dans un endroit frappé par la foudre, vous avez pu sentir une forte odeur de soufre. A l'aide d'une machine électrique à plateaux vous pourriez aussi obtenir, d'une façon moins dangereuse toutefois, des effets analogues.

Que se passe-t-il donc dans les deux cas? Un phénomène dont le mécanisme est assez mal connu, mais dont les résultats sont fort bien étudiés à l'heure actuelle.

Il y a production d'une substance nommée *ozone;* et l'on surprendrait peut-être un chimiste d'autrefois en lui affirmant que ce corps n'est rien autre que de l'oxygène condensé.

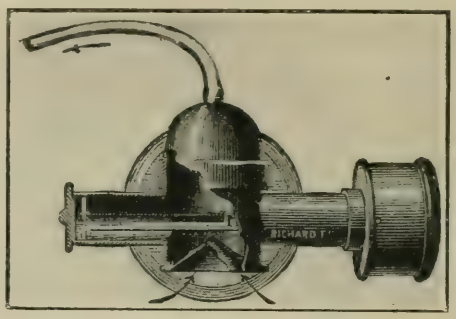
Qu'une étincelle électrique détonant au milieu d'un mélange gazeux d'oxygène et d'hydrogène donne naissance à quelques gouttes d'eau, il n'y a là rien que de très conforme aux lois de la vieille chimie, c'est une combinaison vulgaire; mais que semblable phénomène puisse combiner deux molécules d'une même substance, cela dépasse tout ce que Lavoisier et ses contemporains eussent probablement imaginé.

Au premier abord, en effet, de l'oxygène ajouté à lui-même, ne devrait fournir qu'une même substance, et c'est ce qui n'est pas. En y réfléchissant, cependant, nous trouvons en chimie quelques cas analogues. Nous admettons couramment, par exemple, que le carbone, suivant son état moléculaire, nous apparaît sous des formes multiples. Ici, c'est du charbon ou du noir de fumée, là du graphite, ou même du diamant. Véritable protée, la même matière se déguise sous les plus curieux travestissements.

Quoi de plus surprenant d'admettre alors que l'oxygène combiné avec lui-même, condensé pour mieux dire, nous apparaisse sous les formes de l'ozone dont les propriétés rappellent d'ailleurs celles de l'oxygène, quoique plus exaltées. Et s'il dégage une odeur de soufre dans ce nou-

vel état, c'est que, vous diront les chimistes modernes, le soufre lui-même serait un *stade différent* de la condensation de l'oxygène.

« La nature ne fait pas de sauts brusques », disait le vieil adage de la philosophie antique, et les savants actuels seront les derniers à aller à l'encontre de ce principe fondamental. Depuis sa forme première, la matière évolue sans cesse, chaque jour le monde vieillit; celui d'hier ne ressemble pas tout à fait à celui d'aujourd'hui et demain nous réserve de nouveaux aspects; et c'est bien, soit dit en passant, ce qui nous prouve que le monde n'a pas toujours existé, sans quoi la matière depuis longtemps aurait cessé d'évoluer.



Aéroscope enregistreur du Dr Miquel.

(Construit par la Maison Richard.)

Une trompe aspire l'air et les poussières qui viennent se coller contre une lame de verre enduite de gélatine humide. La lame se déplace d'une façon uniforme au-dessus de l'ouverture par un mouvement d'horlogerie.

Pour échapper à une telle conséquence dont la portée philosophique n'échappera à personne, on a bien imaginé des séries de cycles ramenant les mêmes effets d'une façon périodique, mais ni la Physique ni la Mécanique ne s'arrangent de ces hypothèses romanesques; autant vaudrait admettre le mouvement perpétuel!

Chaque jour, hélas! l'Univers vieillit; l'énergie disponible se dégrade, rien n'en saurait réparer les pertes ; les microbes aussi bien que les soleils de l'espace s'acheminent plus ou moins lentement vers un état de repos final que nous appelons la mort, et qu'aucune puissance créée ne saurait empêcher.

Mais quittons ces hautes spéculations pour revenir à notre sujet.

L'ozone répandu dans l'air n'est pas la seule substance qui affecte notre odorat. A certains jours, surtout lorsque la vapeur d'eau est en grande abondance, les gaz ammoniacaux dégagés sans cesse par les matières en putréfaction acquièrent une solubilité plus grande et ceci nous explique ces émanations malodorantes s'échappant des fosses d'aisances lorsque le temps est à la pluie.

On pourrait signaler aussi quantité d'autres substances dont la teneur dans l'atmosphère varie suivant les endroits, acides de toutes sortes, sels de soude ou de chaux, iodures et chlorures alcalins.

A une époque et sur les assertions de M. Chatin, on avait admis que l'air renfermait de l'iodure en doses massives. La genèse de cette extraordinaire découverte vaut la peine d'être contée ici.

M. Chatin professeur, il y a quelque trente ans à la Faculté de Pharmacie de Paris. Ses études sur l'analyse de l'air l'avaient amené à signaler la présence de l'iode dans l'atmosphère. En quelle quantité cette substance y était-elle contenue? C'est ce qu'un examen incessant ferait connaître.

Bientôt l'analyse de l'iode hanta tellement l'esprit du professeur que ses élèves s'en aperçurent.

« Cet âge est sans pitié », a dit le fabuliste, en parlant de l'enfance; je crois que la remarque s'applique mieux encore à la jeunesse. Chatin voulait de l'iode dans ses analyses, on lui en procurerait.

Un soir d'été, alors que de gros nuages noirs s'accumulaient dans le ciel et qu'une atmosphère étouffante faisait prévoir un orage prochain, un groupe d'étudiants s'avisa de faire passer sur les toits une bonne partie de l'iode conservé dans les laboratoires.

On comprend que le lendemain, en analysant les eaux pluviales précieusement recueillies dans de grands vases, le savant

fut confirmé dans son opinion que l'iode est un des corps l'un des plus répandus dans l'atmosphère des grandes villes !

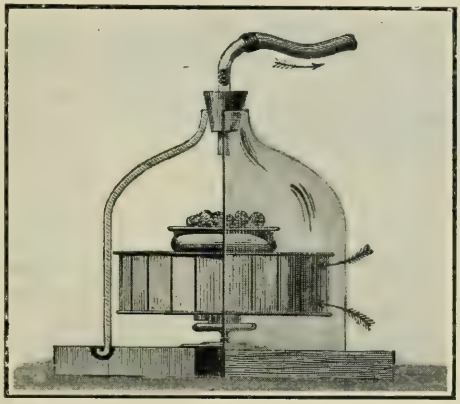
Le fait m'a été rapporté par un des coupables, qui, d'ailleurs, ne se fit pas faute de renouveler souvent l'expérience. Mon ami, lorsqu'il racontait cette histoire amusante, ne manquait jamais d'ajouter :

— Et ce n'est pas tout... Le lundi qui suivait l'orage nous étions assurés de trouver aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, rédigée en bonne et due forme, une communication sur cette *constatation importante.* »

Dans son livre *Sur l'Origine du monde*, M. Faye, discutant les conditions de la vie sur une planète, dit à propos des exigences du biologiste : « Il s'adresse à M. Chatin qui lui demande un litre de son eau. Après l'avoir analysée, le savant chimiste lui dit : « Voilà, vous avez oublié un peu « d'iode, il en faut partout quelques « traces. Surtout n'en mettez pas trop. »

Je n'ai jamais lu ces lignes sans penser que M. Faye, adoré de ses élèves, avait reçu des confidences analogues à celles qu'on me fit à moi-même, touchant l'origine de l'iode dans l'atmosphère parisienne.

Depuis M. Chatin, on a trouvé dans l'air des quantités de gaz tels que l'argon, l'hydrogène, le néon, le crypton, l'hélium, etc., mais tous ces produits ne peuvent être décelés que sur de grandes quantités d'air et leur influence sur notre organisme est plutôt minime.



Dans son appareil enregistreur de bactéries le Dr Miquel a remplacé la lame de verre par un tambour tournant en 24 heures. Les microbes aspirés viennent encore se coller sur les parois du cylindre. *(Modèle de la Maison Richard.)*

Il n'en est pas de même des poussières que nous avalons par milliers à chaque inspiration.

Enfermez-vous dans une chambre obscure et, par une ouverture pratiquée dans un volet, laissez filtrer un rayon de soleil, il vous sera facile, même à l'œil nu, de constater la danse effrénée des poussières dont nous parlons : débris fibreux ou cellulaires, brins de coton, poils ou duvets flottant facilement dans l'air, grâce à leur légèreté.

Voilà ce que vous introduisez dans vos poumons, sans parler des milliers d'organismes que vous ne voyez pas.

Les savants sont parvenus à analyser et à compter ces poussières au moyen de procédés aussi simples qu'ingénieux.

Enduisons une plaque de verre d'une mince couche de gélatine ou de vernis et plaçons-la derrière un aspirateur, à l'endroit où l'air aspiré est rejeté au dehors, toutes les poussières viendront se coller sur la plaque, formant ainsi un filtre d'un nouveau genre et nous pourrons les étudier au microscope. Il est bien évident, d'autre part, qu'on peut évaluer le nombre de litres d'air traversant l'orifice de l'aspirateur et par conséquent, trouver le nombre de poussières renfermées par mètre cube.

Cette expérience a été renouvelée très souvent et les résultats sont extrêmement suggestifs, surtout pour ceux qui ont le véritable souci des règles les plus élémentaires de l'hygiène.

Que trouvons-nous donc sur la plaque des aspirateurs ?

D'abord des poussières de nature minérale et inorganique emportées au loin par les grands courants aériens. Lorsque la tempête fait rage sur les côtes, et que le vent soulève les grandes vagues en pulvérisant leurs crêtes, chaque gouttelette de cette blanche écume contient en dissolution toutes sortes de sels qu'elle charrie au loin.

Tantôt elle est entraînée par un immense tourbillon qui la porte dans les régions élevées de l'atmosphère, tantôt elle suit une direction plus horizontale et va se déposer contre les obstacles rencontrés sur son chemin.

Lors de l'éruption du Krakatoa, en 1883, les poussières vomies par le volcan ont dépassé plus de 80 kilomètres de hauteur, et sont restées en suspension dans l'air pendant plusieurs années.

Mais la plupart du temps la gouttelette d'eau, véhicule des poussières minérales dissoutes en son sein, s'évapore au contact de l'air et abandonne ses passagers en cours de route. La pluie intervient quelquefois pour les ramener au sol, mais on a l'exemple de corpuscules accomplissant de fantastiques voyages. Les poussières vomies dans l'atmosphère par le Krakatoa, lors de l'éruption de 1883, ont séjourné durant des années dans les hautes régions et ont accompli plusieurs fois le tour du globe.

Si l'on pouvait réunir en un seul endroit les poussières soulevées par la circulation de nos véhicules sur toutes les voies du monde, automobiles, chariots, trains express, rapides; les débris de roches pulvérisés par les actions volcaniques, les matériaux enlevés à la terre, aux roches de toutes natures, quartz, feldspath, mica; les sels calcaires emportés par les ouragans à des hauteurs prodigieuses et que la pluie ramène à la surface, on arriverait à des volumes fantastiques se chiffrant par milliers de kilomètres cubes.

Ainsi, à ne considérer que les côtes de Bretagne et de Normandie, on a calculé que chaque année un hectare de terrain ne reçoit pas moins de 147 kilogrammes de matières solides, dont 37 kilogrammes de sel marin.

Les industries alimentaires, toutes les substances que nous employons journellement, farines, fécules, amidons, etc.; tout cela fournit un gros contingent aux poussières atmosphériques.

La farine plus particulièrement se retrouve partout ; Pouchet en a rencontré dans les plus inaccessibles réduits de nos vieilles églises gothiques, où elle était mêlée à la poussière noircie de six ou huit siècles d'ancienneté, dans les palais ou hypogées de la Thébaïde où elle datait de l'époque des Pharaons. L'air des villes surtout en est rempli ; en le traversant, le flocon de neige qui tombe ou l'insecte qui voltige en recueillent d'énormes quantités : on en a compté 40 ou 50 grains sur les ailes d'une seule mouche.

Ces balais ou ces morceaux d'étoffe que

le valet de chambre agite à la fenêtre du sixième, chaque matin, portent en eux des quantités de matériaux que vous respirez quelques heures après le plus inconsciemment du monde, surtout si vous habitez l'entresol ou le premier étage.

Si encore on se bornait à n'avaler que des substances inorganiques telles que du sel marin, de la suie ou du charbon, il n'y aurait que demi-mal. Dans une grande ville comme Londres, où il tombe un million de kilogrammes de charbon par an, une grosse partie de ce produit passe dans les poumons des habitants qui s'empressent de l'éliminer comme ils peuvent et sans trop de dommage.

Mais malheureusement il y a dans l'air d'autres substances, organiques celles-là, et autrement dangereuses. Je veux parler des microbes qui pullulent en certains milieux.

On se fait généralement une idée fausse des microbes. Quelques personnes les confondent avec des animalcules dont la grosseur est énorme comparée à celle des microorganismes.

Pour beaucoup de gens ayant eu l'occasion de voir sous un petit microscope la population d'une goutte d'eau, le microbe c'est l'infusoire ou le vibrion nageant dans

On trouve tout dans l'atmosphère : des poussières de charbon, du carbonate de chaux, des grains de pollen, des œufs d'infusoires, des brins de coton, de la farine, des plumules de papillon, etc., etc.

On y trouve aussi par milliers des organismes microscopiques, microbes, bactéries et vibrions

le vinaigre, c'est l'énorme bête grouillante dans sa caverne de graisse à la surface d'un fromage. On ne sait pas, généralement, que les infiniments petits, spores, bactéries, microbes, ne sont pas des animaux; ils appartiennent au règne végétal où ils se placent à côté des champignons et des algues. Ce sont des êtres formés d'une seule cellule, gouttelettes de gelée vivante entourée d'une mince membrane.

Les plus gros ne dépassent pas quelques millièmes de millimètre et le tube intérieur d'un cheveu pourrait en abriter des millions.

Tous n'ont pas, d'ailleurs, le même aspect. Les microcoques sont ronds comme des billes; les bactéries à bâtonnets rappellent la forme d'un crayon; les spirilles ont quelque ressemblance avec un fin tire-bouchon.

Des quantités de maladies proviennent de ces cellules que le moindre courant d'air transporte à de grandes distances. Aussi nous les retrouvons un peu partout et comme leur vitalité est extraordinaire, ils peuvent attendre pendant des années le milieu favorable pour leur développement. Ce sont eux qui sèment et propagent la plupart des maladies infectieuses, qui entretiennent la tuberculose comme le choléra, la diphtérie aussi bien que la rou-

geole ou la gangrène des hôpitaux. On comprend alors à quelles précautions nous sommes tenus de nous astreindre en cas d'épidémies; le moindre crachat desséché fournit après le passage du coup de balai, une formidable et terrible armée microbienne en marche pour semer la mort.

Devant de tels faits, on saisit mieux aussi l'intérêt capital qui s'attache à l'analyse incessante de l'air et aux soins que réclame une hygiène basée sur les progrès d'une science quasi récente.

Et si tout cela ne vous convainc pas encore, lisez les résultats des statistiques, vous serez édifiés sur nos plus *petits*, mais aussi sur nos plus *grands* ennemis.

Bacilles de différentes formes recueillis dans l'atmosphère.

Un centimètre cube d'air pris à Paris dans un jardin a donné 200 000 grains de poussières; c'est là, d'ailleurs, un minimum, car le même volume d'air capté dans un appartement de la capitale en contient 10 fois plus en moyenne, soit 2 millions.

Comme un homme normal fait entrer dans ses poumons 10 mètres cubes d'air environ par 24 heures, calculez le nombre de poussières qu'absorbe un Parisien pendant une journée où il reste chez lui, et vous trouverez le joli chiffre de 20 trillions.

Heureusement que ces 20 trillions de particules ne sont pas toutes nuisibles à l'organisme.

Un habitant du centre de Paris, n'absorbe par jour que 34 800 microbes dangereux, tandis que les malades dans certains hôpitaux en respirent 600 000 dans le même temps.

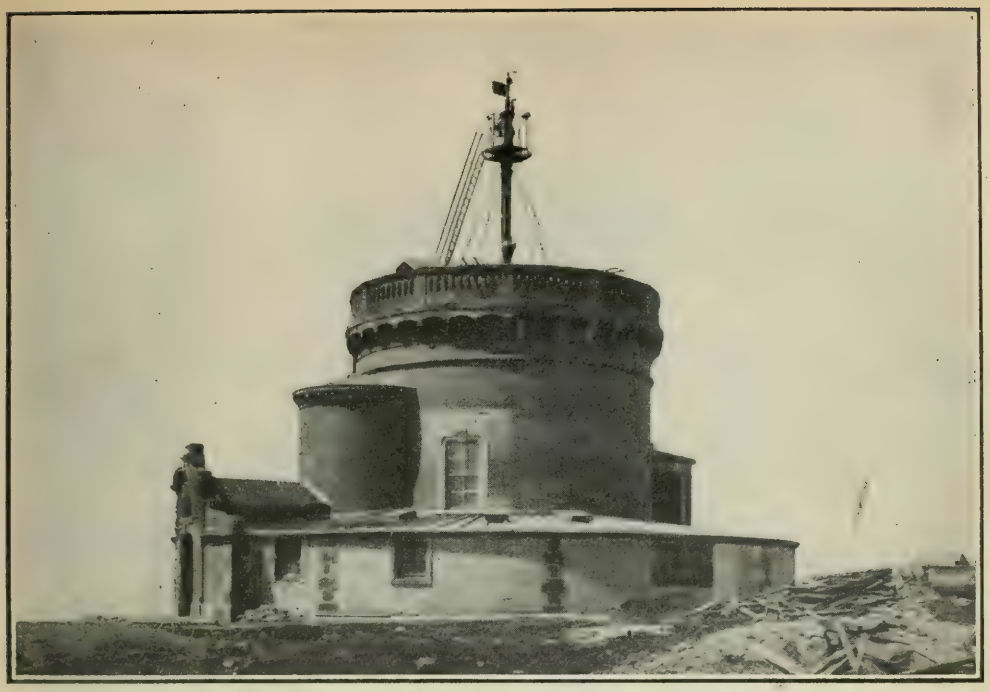
Dans les quartiers excentriques, surtout au Sud de Paris, cette proportion diminue notablement. Elle est encore moindre, loin des grandes villes, et l'air est d'autant plus purgé de microbes qu'on s'élève davantage.

Au Rigi-Kulm on ne rencontre que 400 à 800 poussières par centimètre cube.

Un touriste séjournant vingt-quatre heures à 1 700 ou 2 000 mètres d'altitude n'introduit dans ses poumons que 30 bactéries au maximum. Pour trouver un résultat analogue à la surface du globe, il faut aller en mer, loin des côtes; en plein océan, 10 mètres cubes d'air ne contiennent que 5 ou 6 microbes.

Voilà des chiffres plus éloquents que toutes les théories; personne ne peut les mettre en doute aujourd'hui.

Après avoir découvert ces infiniment petits, l'homme est parvenu à les étudier, à connaître leurs effets, à déjouer leurs ruses; que dis-je! il a su tourner à son profit la lutte entreprise contre ces ennemis d'autant plus redoutables qu'ils sont invisibles; avec une persévérance inlassable, un homme a étudié les virus qui tuent pour en faire des élixirs de vie... Ce grand penseur, cet homme de génie, était aussi un homme de bien, et un grand Français, ne l'oublions pas... Il s'appelait Pasteur.



L'Observatoire météorologique du sommet du Puy de Dome

CHAPITRE III

La Mécanique de l'atmosphère.

Descendons un ballon de verre à une certaine profondeur dans l'océan : si notre ballon est vide et fermé, il y a bien des chances pour que la pression de l'eau l'écrase et le réduise en miettes. Ce simple fait nous démontre par analogie que tous les corps situés à la surface de la Terre, et plongés pour ainsi dire au fond de l'océan aérien qui les baigne et les enveloppe de toutes parts, doivent recevoir et supporter le poids des couches atmosphériques.

Ceci, de prime abord, paraît invraisemblable, et cependant un peu de réflexion nous montre qu'il en doit être ainsi.

Bien que les gaz soient des substances extrêmement légères, leurs particules ne font pas exception à la grande loi de la pesanteur qui attire tous les corps vers le centre du globe. Les couches d'air supérieures doivent donc presser les régions situées au-dessous d'elles et la pression doit atteindre sa plus haute valeur dans les endroits les moins élevés, c'est-à-dire au niveau des mers.

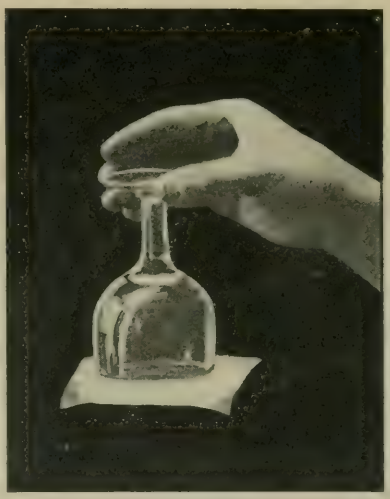
Voulez-vous une preuve expérimentale de cette pression ?

Prenez un verre plein d'eau, et posez bien à plat une feuille de papier sur ses bords, avec quelque peu de précautions et d'adresse, vous arriverez vite à pouvoir retourner le verre sans qu'une goutte d'eau s'en échappe.

Evidemment, ce n'est pas la mince feuille de papier qui retient le liquide, c'est la pression de l'air qui applique cette

feuille de papier et s'exerce de bas en haut, s'opposant ainsi à sa chute.

Autre expérience. Faites brûler au fond d'un verre un morceau d'ouate imbibée d'alcool, et retournez le tout brusquement au-dessus d'une assiette creuse remplie d'eau. Immédiatement, poussée par la pression atmosphérique, l'eau remontera dans le verre et prendra la place laissée vide par la combustion de l'oxygène.



C'est la pesanteur de l'air qui applique la feuille de papier contre l'ouverture d'un verre plein d'eau que l'on maintient renversé.

Ces faits n'étaient pas inconnus des physiciens au commencement du XVIIe siècle, mais personne n'en soupçonnait la véritable explication, ainsi que nous le prouve l'anecdote suivante :

Un jour, c'était en l'année 1630, il prit fantaisie au grand-duc de Toscane de faire établir dans son palais de Florence, des pompes de dimensions telles que personne n'en possédait de semblables. Elles devaient élever l'eau et la distribuer jusque dans les appartements supérieurs de l'habitation.

Les fontainiers se mirent à l'œuvre aussitôt pour satisfaire les désirs de Son Altesse. Les principes admis à l'époque ne s'opposaient pas d'ailleurs à la réussite du projet ; l'eau montait dans les corps de pompe, parce que « la nature avait horreur du vide ».

Les soins les plus minutieux présidèrent au montage des appareils. On en fit l'essai lorsque tout fut terminé ; ils fonctionnaient parfaitement, mais l'eau s'obstina à ne pas dépasser la hauteur de 32 pieds.

On examina de nouveau les corps de pompe et les tuyaux; aucune fissure n'était visible, le vide semblait parfait, mais pour la première fois on constata avec étonnement que la nature, loin d'en avoir horreur, contemplait le vide avec insouciance et refusait de le remplir.

L'émoi fut grand parmi les hommes du métier. Son Altesse grande-ducale n'en revenait pas et l'on décida de consulter la science.

Galilée jouissait alors de toute sa réputation. C'était de toute l'Europe le physicien le plus en vue; lui seul pouvait fournir une explication rationnelle de cette énigme.

C'est encore la pression atmosphérique qui fait remonter l'eau dans un verre vide où l'on a fait brûler un peu d'ouate imbibée d'alcool.

Il faut avouer que pour une fois la réponse ne fut pas digne d'un aussi grand savant. Pris au dépourvu, Galilée aima mieux dire une sottise que de s'abstenir : « Si l'eau ne montait pas plus haut, il fallait en accuser son propre poids. »

Ce à quoi Torricelli, disciple de Galilée, répondit aussitôt : « Si l'eau est empêchée de monter en vertu de son propre poids, pourquoi

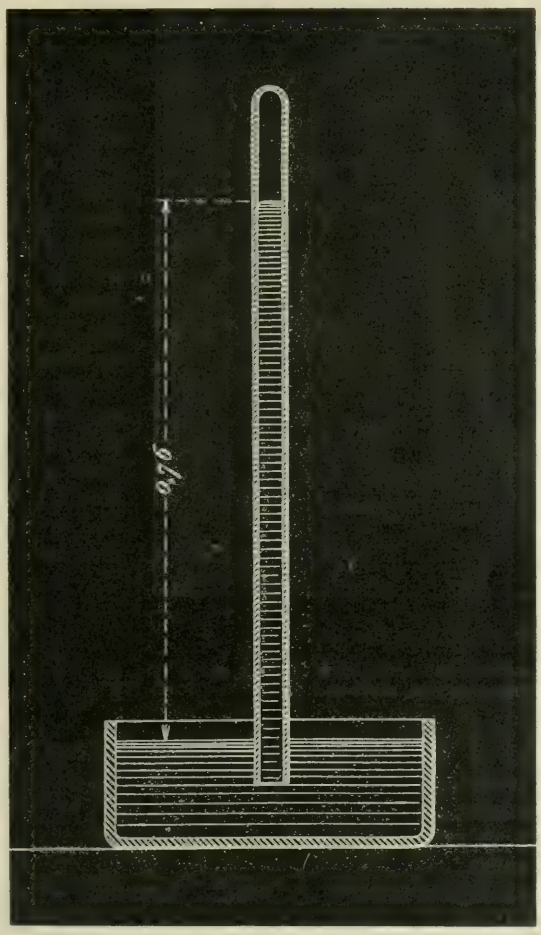
ce même poids lui permettrait-il de s'élever à 32 pieds? »

Or le fait qu'elle atteint ce niveau montrait au contraire qu'on était en présence d'un cas analogue à la balance : dans l'un des plateaux, il y avait le poids d'une colonne d'eau de 32 pieds de hauteur, de l'autre côté un poids égal s'opposait à la descente et lui faisait équilibre. Et la substance qui agissait ainsi, il ne fallait pas la chercher bien loin, c'était la colonne d'air atmosphérique, évidemment.

Torricelli ne tarda pas, d'ailleurs, à fournir la preuve expérimentale de ce qu'il avançait.

Si dans un tube recourbé en forme d'U, nous mettons de l'eau dans l'une des branches et du mercure dans l'autre, pour que les deux colonnes se fassent équilibre, celle de mercure devra être 14 fois plus petite en hauteur, puisque ce corps est 14 fois plus lourd que l'eau.

« Si donc nous remplacions l'eau de la pompe par du mercure, pensa Torricelli, au cas où mon explication serait vraie, la hauteur du mercure devrait être 14 fois moindre que 32 pieds, soit 28 pouces (76 centimètres) environ. »



Disposition de l'expérience de Torricelli.

La hauteur du mercure dans le tube est en moyenne de 76 centimètres. La partie supérieure du tube est vide d'air : c'est la chambre barométrique.

Et c'est ce que le fait confirma.

Mais bientôt le jeune physicien varia sa démonstration et son expérience. Prenant un tube de verre de 3 pieds de hauteur et fermé à une extrémité, il l'emplit de mercure et le retourna sur une cuvette renfermant ce même liquide. Aussitôt on vit la colonne descendre, osciller quelque temps et finalement s'arrêter encore à 28 pouces de hauteur.

La preuve était décisive.

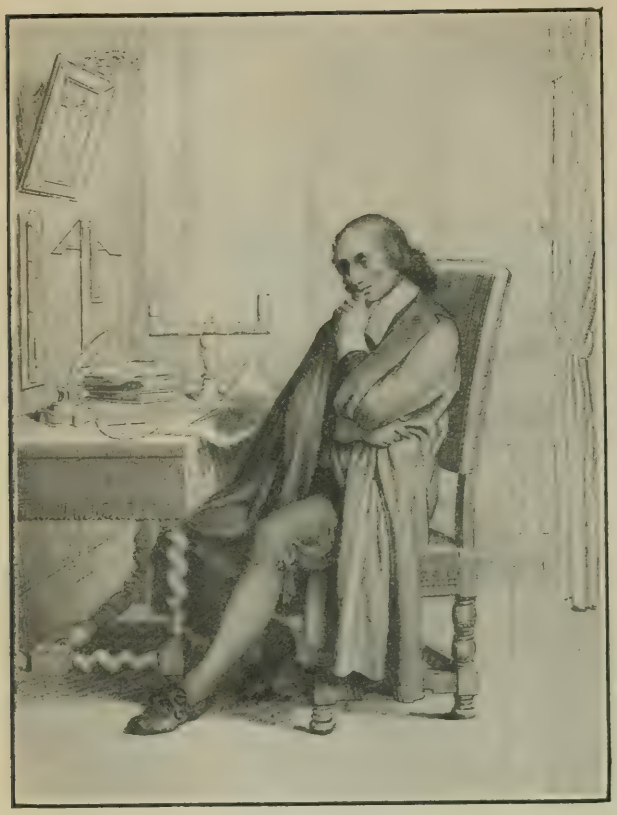
Torricelli venait d'inventer le *baromètre* (1), c'est-à-dire un instrument destiné à nous donner le poids de la couche d'air dans laquelle nous vivons, ou pour être plus précis, la valeur de la pression atmosphérique.

Traduisons maintenant ces résultats en mesures modernes.

Supposons un tube avant un centimètre carré de section et disposé comme dans l'expérience de Torricelli ; nous constaterons d'abord que la colonne aura au niveau de la mer une hauteur de 76 centimètres en moyenne.

Ainsi la colonne d'air est assez forte pour faire équilibre au poids d'une co-

(1) Baromètre dérive de deux mots grecs : *Baros*, poids, *metron*, mesure.



PORTRAIT DE BLAISE PASCAL.

Illustre philosophe et savant mathématicien français, né à Clermont-Ferrand en 1623, mort en 1662

lonne de mercure ayant un centimètre carré de section et 76 centimètres de hauteur, ou pour mieux dire un volume de 76 centimètres cubes.

Et comme un centimètre cube de mercure pèse 13 gr. 6, le poids entier de la colonne sera évidemment :

$$76 \times 13{,}6 = 1\,033 \text{ grammes.}$$

Dès lors un centimètre carré de la surface de notre corps reçoit une pression de 1 kil. 033 et comme le corps humain offre, au témoignage des physiologistes, une surface de 1 mètre carré et demi ou 15 000 centimètres carrés, la pression que vous supportez atteint le chiffre énorme de

$$15\,000 \times 1{,}033 = 15\,490 \text{ kilog.}$$

Je gagerais bien que vous ne vous croyiez pas si fort !

Il est juste d'ajouter que votre corps entier, aussi bien l'intérieur que l'extérieur, supporte une pression égale et contraire, et c'est la raison pour laquelle les hommes qui vivent dans l'atmosphère, aussi bien que le poisson évoluant dans l'eau, ne peuvent s'apercevoir des formidables pressions auxquelles ils sont soumis.

Nous pourrions recommencer les calculs pour la surface entière du globe, et nos opérations nous conduiraient à ce résultat fantastique, mais très réel, que le poids total de l'atmosphère est égal à

5 000 000 000 000 000 000

de kilogrammes, c'est-à-dire à 5 quintillons de kilogrammes,

LA MONTÉE DU PUY DE DOME. (*Cliché Deniot*)

Le col de Ceyssat au bas du Puy de Dome.

ou, ce qui revient au même, à 5 millions de milliards de tonnes de 1 000 kilos! soit la millionnième partie du poids de la Terre elle-même. On comprend maintenant la violence des ouragans à la surface du globe, lorsque le vent atteint 30, 40 et 50 mètres par seconde.

Telles étaient les conséquences naturelles du principe posé par Torricelli; elles parurent si extravagantes à l'époque que la doctrine de l'illustre physicien fut vivement combattue, et comme toujours la question dégénéra en une querelle de métaphysique.

Les uns, n'admettant pas que le vide pût exister au-dessus du mercure, dans ce que l'on est convenu d'appeler la chambre barométrique, se déclarèrent partisans du *plein* universel; les autres beaucoup moins nombreux formèrent le parti du *vide* et Pascal en fut bientôt le chef le plus autorisé.

Le savant mathématicien était un rude joueur qui eut vite fait de démonter les ridicules syllogismes de ses adversaires.

Il proposa, finalement, un moyen de mettre tout le monde d'accord.

C'était d'exécuter l'expérience de Torricelli au sommet d'une montagne : la pression de l'air devait être moindre et la colonne de mercure moins élevée.

« S'il arrive, écrivait Pascal, que la hauteur du vif-argent soit moindre au haut qu'au bas de la montagne, il s'ensuivra nécessairement que la pesanteur et pression est la seule cause de cette suspension du vif-argent, et non pas l'horreur du vide, puisqu'il est bien certain qu'il y a beaucoup plus d'air qui pèse sur le bas de la montagne que non pas sur le sommet. »

TYPE DE BAROMÈTRE NORMAL.

Il fut donc décidé que Florin Périer, beau-frère de Pascal, tenterait l'expérience au sommet du Puy de Dôme, à 1 465 mètres d'altitude, alors que lui-même observerait la colonne de mercure sur la Tour Saint-Jacques de la Boucherie à Paris.

L'expérience fut décisive et Périer, le 19 septembre 1648, constata entre les deux colonnes barométriques observées à Clermont-Ferrand et au sommet de la montagne, une différence d'un peu plus de 3 pouces.

On venait d'inventer, par le fait même, une façon extrêmement ingénieuse d'apprécier les hauteurs à l'aide du baromètre.

L'instrument devait, dans la suite, conduire à des résultats non moins intéressants sur d'autres points et devenir un appareil de précision utilisé par les météorologistes.

Il y a donc lieu d'insister ici sur les différents modèles actuellement en usage.

Dans les observatoires, on emploie encore le baromètre de Torricelli, c'est le baromètre normal, celui auquel on rapporte toutes les indications des autres instruments.

La hauteur de la colonne est toujours déterminée avec une très grande précision.

A cet effet, on mesure au moyen

Baromètre de Fortin.

Modèle fixe.

Construit par la Maison Tonnelot.

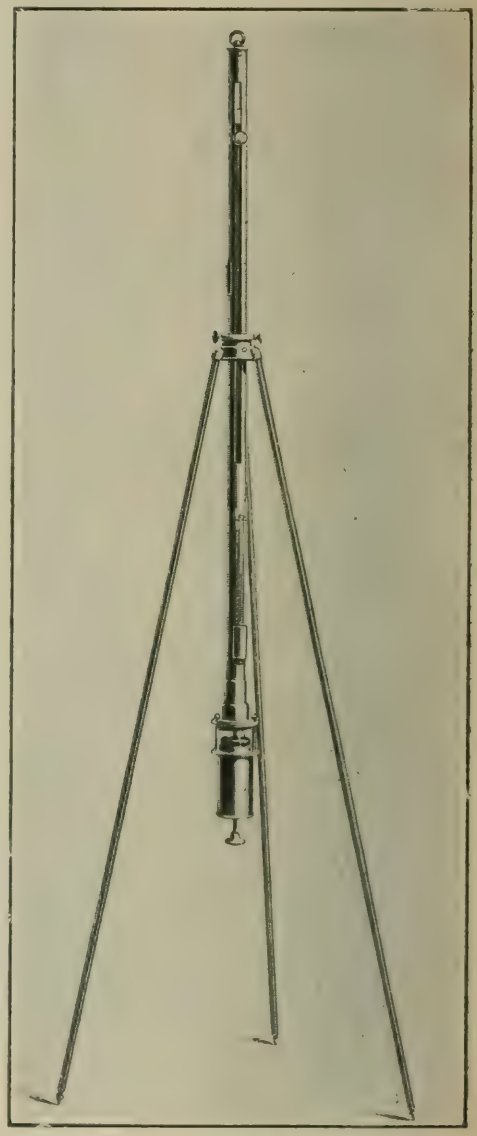
d'échelles graduées et de microscopes, les différences de niveau du mercure dans le tube et dans la cuvette, et l'on tient compte des phénomènes qui pourraient fausser les indications : dilatation de la colonne mercurielle sous l'influence de la température, réduction au niveau de la mer, etc.

Le physicien Fortin a rendu ce modèle transportable en lui ajoutant quelques modifications. A l'aide d'un dispositif ingénieux, le niveau du mercure peut monter ou descendre dans la cuvette très réduite, et on le ramène à chaque opération à un point fixe d'où part le zéro de la graduation en hauteur : il n'y a donc qu'une seule lecture.

Tous ces instruments sont malheureusement très encombrants et on les a remplacés depuis par des appareils fondés sur un autre principe.

Prenons une boîte de conserves en fer-blanc et faisons le vide à l'intérieur. Le poids de la colonne d'air tendra à en rapprocher les parois. Mais si la pression est variable d'un jour à l'autre on comprend que le couvercle peu épais d'une telle boîte manifestera une courbure plus ou moins prononcée. Dès lors, il deviendra facile de mesurer cette courbure au moyen d'un système de leviers qui l'amplifiera.

Cet instrument a reçu le nom de baromètre *anéroïde*, c'est-à-dire sans liquide à



Baromètre de Fortin.

(Modèle transportable de la Maison Tonnelot.)

l'intérieur; le modèle le plus en vogue est celui qui emploie les boîtes de Vidie, sortes de cylindres plats, dont les deux bases sont ondulées suivant des rides circulaires.

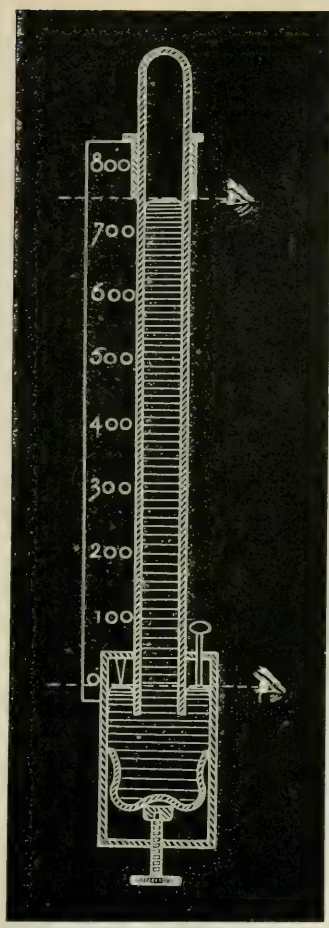
Le vide étant réalisé en partie à l'intérieur des boîtes, on peut les superposer et l'aplatissement total des cylindres devient tout à fait sensible.

La perfection a même été poussée beaucoup plus loin.

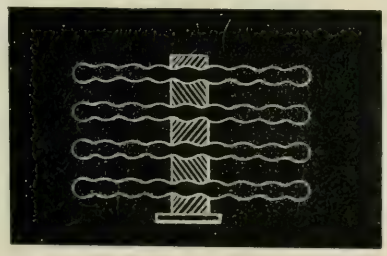
Autrefois les météorologistes étaient astreints à surveiller leurs baromètres. A chaque heure du jour, il fallait relever les pressions correspondantes. Aujourd'hui, la plupart des instruments enregistrent eux-mêmes sur une feuille de papier la valeur de cette pression. Il suffit, en effet, d'adjoindre à l'aiguille une plume traçante dont l'extrémité vient s'appuyer sur un cylindre mû par un mouvement d'horlogerie.

La feuille se déroule donc sans qu'on ait besoin de la changer pendant toute une semaine ou même davantage, et à l'aide des baromètres enregistreurs à prix relativement bon marché, il est facile de connaître la pression atmosphérique à un dixième de millimètre près.

En France, la Maison Richard, qui s'est fait une spécialité des appareils enregistreurs pour la Météorologie, a



Dans le baromètre Fortin on ramène le niveau du mercure en contact avec une pointe d'ivoire, grâce à un fond mobile. Il n'y a donc qu'une seule lecture pour obtenir la hauteur.



Des boîtes de Vidie à surfaces ondulées et dans lesquelles règne un vide partiel s'aplatissent plus ou moins sous l'influence de la pression de l'air.

réalisé dans ce genre des merveilles de précision et de légèreté.

De tels instruments fournissent, on le conçoit aisément, des matériaux d'une documentation impersonnelle de première valeur et les météorologistes futurs trouveront là des registres précieux pour leurs travaux.

Nous verrons un peu plus loin les services que rendent ces appareils pour l'étude actuelle des phénomènes généraux de l'atmosphère.

Disons un mot, en attendant, de l'application du baromètre à la mesure des hauteurs.

Nous avons vu comment l'expérience due à l'initiative de Pascal, avait mis les physiciens sur la voie d'une solution très élégante du problème.

Mais en réalité, la question était beaucoup plus délicate qu'on ne pouvait le soupçonner de prime abord.

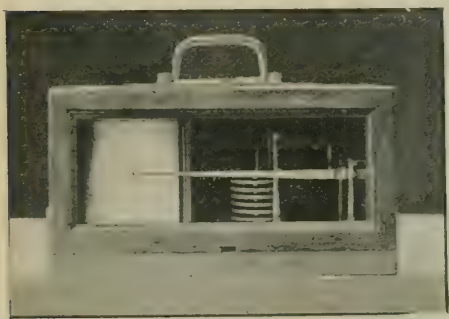
Un litre d'air pèse 1 gr. 293, alors que le même volume de mercure accuse à la balance 13 590 grammes, soit un poids environ 10 000 fois plus fort.

Pour obtenir une baisse donnée du baromètre, il faudrait donc s'élever, d'après ces calculs, 10 000 fois plus haut; en d'autres termes, une ascension de 10 mètres correspondrait à une baisse barométrique de 1 millimètre.

Le raisonnement est très juste en théorie, à condition que l'on néglige la pesanteur et l'élasticité des couches d'air qui sont de moins en moins pressées à mesure que l'on s'éloigne du sol.

L'écart sera donc d'autant plus grand qu'on montera davantage. Pour de faibles hauteurs on peut, en effet, considérer la variation de 1 millimètre par 10 m. 50 comme suffisamment exacte, mais cette loi est déjà

Dans ce type de Baromètre anéroïde, un système de leviers transforme en mouvement circulaire les déformations d'une boite de Vidie. *(Modèle Tonnelot).*



BAROMÈTRE ENREGISTREUR.
(Modèle de la Maison Richard à Paris.)

fausse à partir de 100 mètres, et il faut avoir recours à des formules compliquées ou à des Tables spéciales.

Certains baromètres anéroïdes portent une graduation qui dispense des calculs. De même les baromètres enregistreurs qu'on emporte dans les ascensions sont munis de feuilles imprimées à l'avance et une simple lecture fournit la hauteur atteinte.

A l'heure actuelle ce dernier procédé est tellement répandu, qu'aucun aéronaute, voire même aucun aviateur, n'entreprend un voyage aérien sans emporter avec lui un de ces instruments délicats pour servir de contrôle au retour.

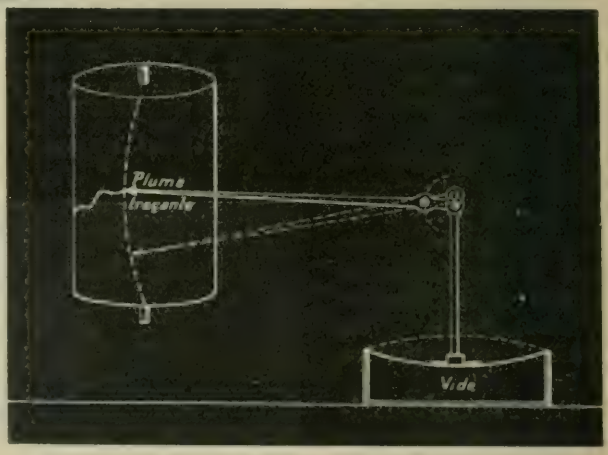
Voici quelques exemples de la diminution de hauteur de la colonne barométrique dans les ascensions.

Supposons, pour simplifier les données, que le thermomètre marque la température de la glace fondante, la pression barométrique étant ramenée au niveau de la mer, à 760 millimètres. A 100 mètres de hauteur l'instrument marquera 750 millimètres, 741 millimètres à 200 mètres.

Au sommet de la tour Eiffel, nous constaterons le chiffre de 732 millimètres, la colonne aura déjà baissé de 3 centimètres (28 millimètres exactement).

A 1 000 mètres nous aurons 670^{mm},6.

Dans les stations élevées de la Suisse où l'on envoie certains malades faire des « cures d'air », la pression à 2 000 mètres



Mécanisme simplifié du Baromètre enregistreur. La déformation d'une boite dans laquelle on a fait un vide partiel est amplifiée par un bras de levier qui porte une plume traçante inscrivant la pression sur un tambour mû par un mouvement d'horlogerie.

n'est plus que de 592 millimètres : la colonne de mercure a subi une diminution de près de 17 centimètres.

Au sommet du mont Blanc, à 4 810 mètres, le baromètre marque 425 millimètres; 240 millimètres seulement sur l'Himalaya au Gaurisankar, dont l'altitude est de 8 840 mètres.

Au lieu de supporter une pression totale de 15 500 kilogrammes, le corps d'un homme dans ces conditions, ne serait plus soumis qu'à une pression de 5 400 kilogrammes.

Ces chiffres nous expliquent pourquoi les ascensions deviennent dangereuses si l'on n'y procède pas par un long entraînement.

Ces données basées sur les calculs et sur l'expérience, ont coûté, depuis deux siècles, bien des efforts et des vies humaines.

Baromètre de poche donnant sur un cadran la hauteur atteinte dans les ascensions.

(Modèle Tonnelot).

Les plus grands savants de l'Europe n'ont pas hésité à gravir autrefois les flancs les plus escarpés des hautes montagnes, pour fixer ces lois qui nous paraissent extrêmement simples lorsque nous les apprenons sans fatigue dans nos Physiques modernes.

Mais le relief terrestre est insignifiant par rapport à l'épaisseur de l'enveloppe atmosphérique ; l'homme a donc cherché à s'élever plus haut encore, et après qu'il eut constaté, au péril même de sa vie, l'impuissance de son organisme à résister à d'aussi faibles pressions, il a trouvé le moyen de puiser à des hauteurs vertigineuses, des échantillons de l'atmosphère.

Ce sont les différentes péripéties de cette conquête d'un domaine réputé jadis inaccessible, que nous allons retracer à larges traits dans le chapitre suivant.

Sommet du Puy de Dôme et ruine d'un ancien Temple

(Cliché Deniot)

L'Ancien Observatoire installé au sommet du Mont Blanc.

CHAPITRE IV

Les sondages aériens.

Au milieu même du XVIIIe siècle, on discutait encore la possibilité d'atteindre les plus hautes cimes des montagnes.

En elle-même l'entreprise ne paraissait pas impossible, mais on croyait couramment que déjà à la hauteur de 4 000 mètres on ne pouvait plus respirer.

En 1760, un jeune naturaliste, Horace-Bénédict de Saussure, osa concevoir le projet téméraire de s'assurer du fait et de gravir le Mont Blanc, la montagne la plus élevée de l'Europe.

Dans un premier voyage à Chamonix, de Saussure fit publier dans toutes les paroisses de la vallée qu'il donnerait une sérieuse récompense aux guides qui lui montreraient la route. Personne ne se souciait d'atteindre si haut dans la région des nuages et la promesse n'eut aucun effet.

L'assaut du géant des Alpes ne commença que quinze ans plus tard, mais les résultats se firent encore attendre.

Enfin ce ne fut pas sans stupeur que, dans la journée du 9 août 1786, les habitants de Chamonix munis de longues vues aperçurent deux hommes debout sur la crête en forme de fer à cheval qui termine la montagne. Ces deux intrépides aventuriers ne pouvaient être que Pierre Balmat, un guide bien connu dans la contrée pour sa folie du Mont Blanc, et le Dr Paccard que Balmat avait gagné à sa cause.

Tous deux pendant une demi-heure foulèrent cette cime inviolée, d'une blancheur éblouissante, mais lorsqu'ils descendirent, Paccard était devenu presque aveugle et Balmat avait les lèvres tuméfiées et injectées de sang.

Quatre jours après, Pierre Balmat accourait à Genève près de Saussure pour

lui annoncer la réalisation de son rêve.

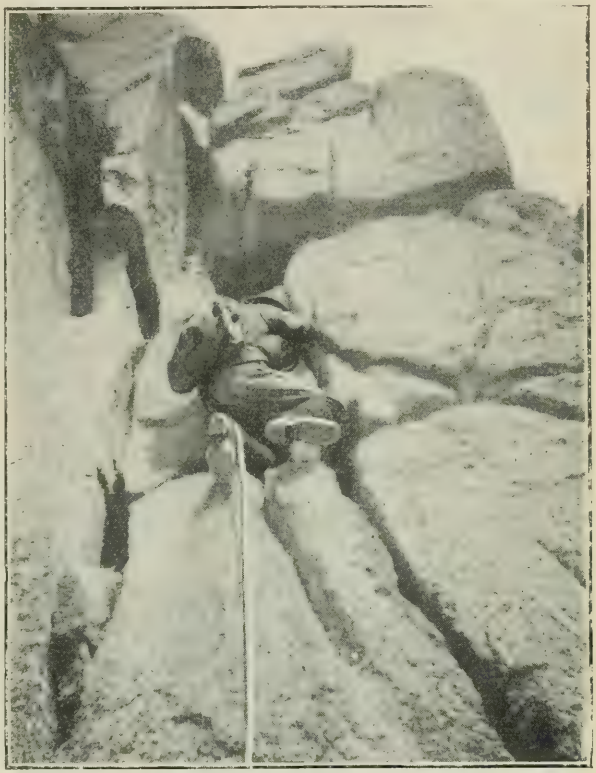
Le naturaliste pensa au mot de Henri IV : « Pends-toi, brave Crillon, tu n'étais pas là! » Au fond, cependant, il était ravi et se promettait de réaliser les mêmes prouesses. Mais ce qui attirait de Saussure dans ces hautes régions, ce n'était ni l'appât de la gloire, ni la satisfaction du touriste à l'assaut d'un sommet difficile, sa curiosité scientifique était seule intéressée à ce grand projet. Il fallait donc tout prévoir et ne rien négliger pour rendre fructueuses les observations.

La nouvelle apportée par Pierre Balmat était si peu attendue que lui, de Saussure, se trouvait maintenant pris au dépourvu. D'ailleurs la saison s'avançait et d'un commun accord on décida de remettre la prochaine ascension à l'année suivante.

Presque à la même date, en effet, le 1er août 1787, de Saussure tentait la périlleuse escalade; dix-huit guides et un domestique l'accompagnaient. C'était une véritable caravane chargée de tout l'attirail scientifique nécessaire aux expériences. La nuit vint, on coucha sur la neige, et enfin le lendemain, au prix de mille dangers, la troupe atteignit heureusement le sommet de la montagne.

« Mes premiers regards, dit de Saussure, furent sur Chamonix, où je savais ma femme et ses deux sœurs, l'œil fixé au télescope, suivant tous mes pas avec une inquiétude trop grande sans doute, mais qui n'en était pas moins cruelle; et j'éprouvai un sentiment bien doux et bien consolant lorsque je vis flotter l'étendard qu'elles m'avaient promis d'arborer au moment où, me voyant parvenu à la cime, leurs craintes seraient au moins suspendues.

« Je pus alors jouir sans regret du grand spectacle que j'avais sous les yeux. Une légère vapeur, suspendue dans les régions inférieures de l'air, me dérobait, à la vérité, la vue des objets les plus bas et les plus éloignés, tels que les plaines de la France et de la Lombardie; mais je ne regrettai pas beaucoup cette perte; ce que je venais de voir et ce que je vis avec la plus grande clarté, c'est l'ensemble de toutes les hautes cimes dont je désirais depuis si longtemps connaître l'organisation. Je n'en croyais pas mes yeux, il me semblait que c'était un rêve lorsque je voyais sous mes pieds ces cimes majestueuses, ces redoutables aiguilles, le Midi, l'Argentière, le Géant dont les bases mêmes avaient été pour moi d'un accès si difficile et si dange-



Une grimpée dans les Alpes

(Phot. Tairraz)

reux. Je saisissais leurs rapports, leur liaison, leur structure, et un seul regard levait des doutes que des années de travail n'avaient pu éclaircir.

« Pendant ce temps-là, mes guides tendaient ma tente et y dressaient la table sur laquelle je devais faire l'expérience de l'ébullition de l'eau. Mais quand il fallut me mettre à disposer mes instruments et à les observer, je me trouvais à chaque instant obligé d'interrompre mon travail pour ne m'occuper que du soin de respirer.

« Si l'on considère que le baromètre n'était là qu'à 16 pouces et 1 ligne et qu'ainsi l'air n'avait guère plus de la moitié de sa densité ordinaire, on comprendra qu'il fallait suppléer à cette densité par la fréquence des inspirations. Or, cette fréquence accélérait le mouvement du sang, d'autant plus que les artères n'étaient plus contre-bandées au dehors par une pression égale à celle qu'elles éprouvent d'ordinaire. Aussi avions-nous tous la fièvre, comme on le verra dans le détail des observations.

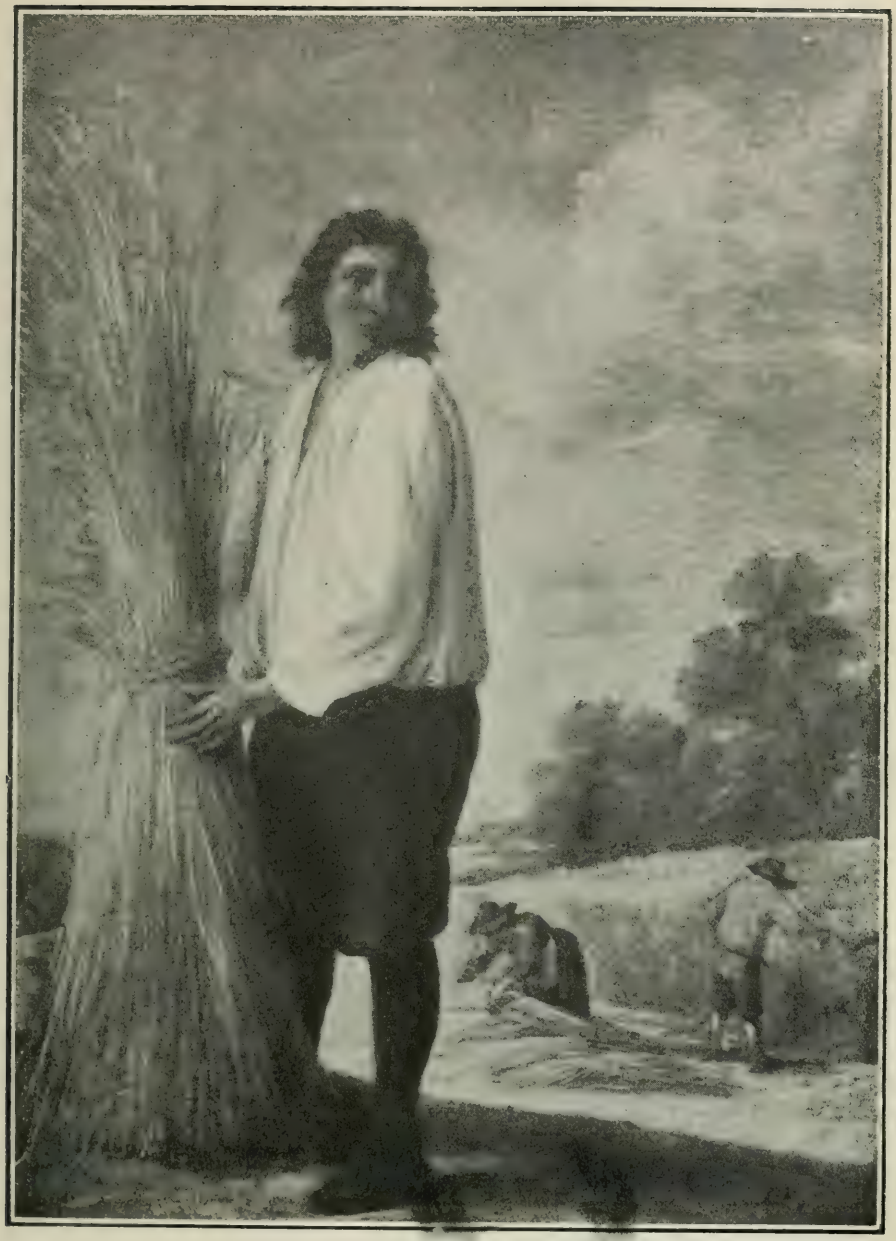
Le Mont Blanc, vu du sommet de l'Aiguille du Dru.

(Phot Tairraz.)

« Lorsque je demeurais parfaitement tranquille, je n'éprouvais qu'un peu de malaise, une légère disposition au mal de cœur. Mais lorsque je prenais de la peine, ou que je fixais mon attention pendant quelques moments de suite, et surtout lorsqu'en me baissant je comprimais ma poitrine, il fallait me reposer et haleter pendant deux à trois minutes. Mes guides éprouvaient des sensations analogues. Ils n'avaient aucun appétit, et à la vérité nos vivres, qui s'étaient tous gelés en route, n'étaient pas bien propres à l'exciter; ils ne se souciaient pas même du vin et de l'eau-de-vie. En effet, ils avaient éprouvé que les liqueurs fortes augmentent cette indisposition, sans doute en accélérant encore la vitesse de la circulation. Il n'y avait que l'eau fraîche qui fit du bien et du plaisir; il fallait du temps et de la peine pour allumer du feu, sans lequel nous ne pouvions pas en avoir.

« Je restai cependant sur la cime jusqu'à trois heures et demie; et quoique je ne perdisse pas un seul moment, je ne pus faire dans ces quatre heures et demie toutes les expériences que j'ai fréquemment achevées en moins de trois heures au bord de la mer. Je fis cependant avec soin celles qui étaient les plus essentielles. »

Ces expériences consistèrent surtout à déterminer la hauteur du Mont Blanc d'après le baromètre, à fixer le point de



L'ÉTÉ. (*Cliché Giraudon.*)

Galerie Nationale de Londres. Tableau de David Téniers.

l'ébullition de l'eau qui varie avec l'altitude, à mesurer le degré d'humidité de l'atmosphère, etc., sans compter les indications géologiques rapportées au cours de l'ascension.

Depuis, le Mont Blanc a été souvent escaladé, malgré le nombre des victimes qui trouvent la mort dans ces périlleuses randonnées, sans profit pour la science ou le progrès de l'humanité.

On a fait mieux : M. Janssen, alors directeur de l'observatoire de Meudon, avait fait installer sur le sommet une sorte de cage métallique abritant une lunette. Cette construction, qui semblait défier toutes les intempéries, ne tarda pas à s'enfoncer dans la couche de neige glacée recouvrant la crête montagneuse et aujourd'hui il n'est plus question de la rétablir pour des observations astronomiques.

Les résultats scientifiques obtenus pendant la durée éphémère de cet observatoire, ont été assez médiocres pour diverses raisons, dont la première, qui dispensera d'énumérer les autres, réside dans la difficulté de séjourner longtemps à ces hautes altitudes.

Non point que le corps humain ne puisse s'adapter à ces conditions anormales, mais il y faudrait une accoutumance probablement héréditaire.

Ne voyons-nous pas, en effet, en Amérique des villes et des villages perchés à plus de 4 000 mètres d'altitude dans la Cordillère des Andes !

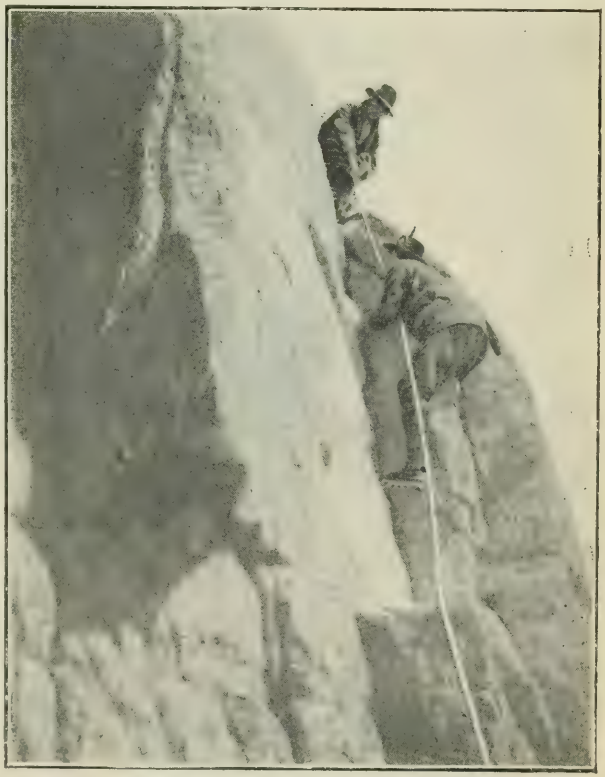
Là où les Européens ne peuvent se livrer au moindre travail sans être véritablement exténués, il n'est pas rare de voir, aux jours de fête, femmes et jeunes filles danser toute la nuit.

Il paraît bien d'ailleurs que la souplesse de l'organisme humain est plus grande que celle de la plupart des animaux.

Pour certaines espèces l'accoutumance même n'existe pas. C'est ainsi que les chats transportés au delà de 4 000 mètres, sont affectés de secousses tétaniques de plus en plus fortes, font des bonds prodigieux et meurent dans des accès de convulsions. Les symptômes avant-coureurs peuvent même se manifester à des altitudes beaucoup plus basses. On m'a cité une famille parisienne qui avait emmené un beau matou faire une cure d'altitude en Suisse. Minet goûta fort peu cette nouvelle vie et il fallut le ramener.

L'excursion des sommets les plus élevés des reliefs du globe n'a pas donné de résultats scientifiques nouveaux depuis la première excursion de De Saussure.

De Humboldt et Boussingault ont



Descente à la corde dans les Alpes.

(*Phot. Tairraz.*)

exploré le Chimborazo, l'un jusqu'à 5 878 mètres, l'autre jusqu'à 6 004 mètres d'altitude.

Dans l'Himalaya, les frères Schlagintweit et surtout l'explorateur Sven-Hedin sont montés beaucoup plus haut sans aucun bénéfice pour la Météorologie et il va falloir nous adresser à une science relativement récente pour posséder des renseignements de première valeur sur la constitution de la haute atmosphère.

Cette science c'est l'Aérostation.

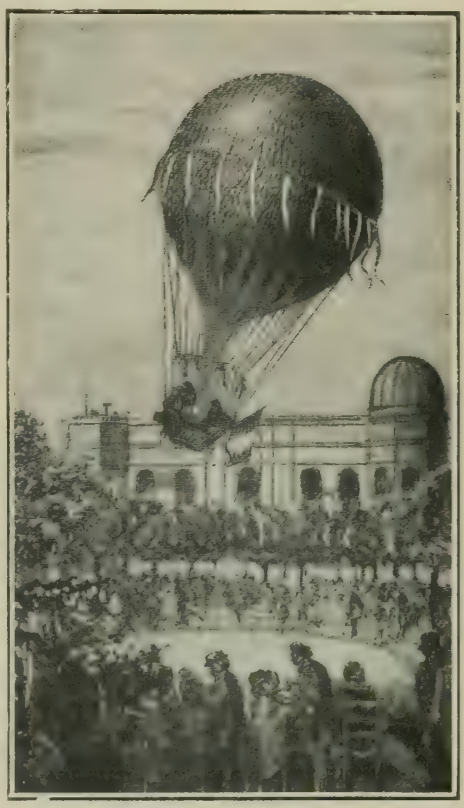
Malheureusement, il faut bien l'avouer, la plupart des fervents de ce sport ne voient là qu'un moyen de goûter des sensations nouvelles, quand le snobisme ne s'en mêle pas.

Au reste, depuis les résultats obtenus par l'aviation, le ballon monté commence à se démoder, c'est un appareil qui nous paraît maintenant aussi antique que la montgolfière.

Ne le calomnions pas cependant, c'est lui qui nous a permis d'aborder des questions météorologiques du plus grand intérêt et nous verrons bientôt comment les savants actuels peuvent encore l'utiliser.

Mais ce qu'il faut dire bien haut, c'est que si, depuis l'invention des ballons, l'argent dépensé pour « s'amuser dans les ascensions » avait été employé à essayer de résoudre les mystères de la circulation atmosphérique, bon nombre de problèmes pendants seraient actuellement résolus.

On se moque souvent des météorologistes plus habiles, dit-on, à dire le temps de la veille, qu'à prédire le temps du lendemain. Mais bien peu de personnes, même fortunées, consentent à encourager pratiquement les recherches des savants dans cette voie que nous commençons à peine d'explorer.



Au mois de Juillet 1850, Barral et Bixio partis de l'Observatoire de Paris firent une ascension restée célèbre dans les fastes de la Météorologie.

Ce fut en l'année 1804 que commença l'application des aérostats aux observations de Météorologie et de Physique du globe.

Le 17 juillet de cette année, Roberston et Lhoest s'élevèrent à une altitude de 7 400 mètres et restèrent cinq heures et demie dans les airs pour y étudier différents phénomènes.

Leurs observations furent quelque peu déconcertantes pour les physiciens ; elles portaient sur le magnétisme et l'électricité et paraissaient aller à l'encontre des faits déjà connus.

L'Académie décida donc d'envoyer deux savants vérifier les résultats. Gay-Lussac, alors dans toute la plénitude de son talent, consentit à délaisser son laboratoire, où il travaillait en sabots pour accompagner Biot dans une ascension restée célèbre.

Les deux savants partirent du Conservatoire des arts et métiers le 20 août 1804. Des nombreuses expériences faites

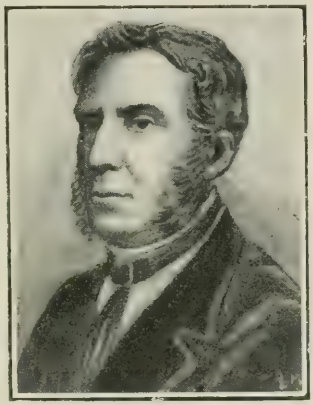
au cours du voyage, on put conclure que les données de Roberston étaient complètement erronées.

La force magnétique du globe n'avait manifesté aucune diminution.

La pile de Volta et les appareils électriques fonctionnaient comme au niveau du sol; on constata une augmentation de l'électricité négative, qui paraissait coïncider avec un accroissement de la sécheresse de l'atmosphère.

Dans une seconde excursion, Gay-Lussac montra que la température décroît avec la hauteur et il rapporta, pour l'analyser, un volume d'air puisé à 6 500 mètres d'altitude.

On n'avait à cette époque d'autres données sur la composition de l'air aux grandes hauteurs que celles déduites des expériences faites par de Saussure au mont Blanc.



GLAISHER,

savant anglais qui fit d'importantes ascensions météorologiques.

Bien des physiciens prétendaient qu'à une certaine distance du sol l'oxygène et l'azote faisaient place à un gaz plus léger : l'hydrogène.

Ces savants n'avaient pas tout à fait tort, ainsi que nous le verrons plus tard, mais ils se trompaient sur l'altitude de la couche hydrogénée.

Quoi qu'il en soit, les expériences de Gay-Lussac démontrèrent que la composition de l'air était constante jusqu'à la hauteur observée.

Ces expériences intéressantes ne furent reprises que quarante-six ans plus tard par MM. Barral et Bixio qui, le 29 juin 1850, partirent dans un ballon gonflé à l'hydrogène pur.

Tout le monde sait actuellement que le volume du gaz contenu dans un aérostat augmente à mesure qu'on s'élève en raison de la diminution de la pression. C'est pour ce motif qu'on a soin de ménager à la partie inférieure du ballon une sorte de manche en étoffe destinée à laisser échapper le surplus d'hydrogène.

L'absence de cette précaution dans l'ascension du 29 juin 1850, faillit coûter la vie aux deux aéronautes.

Le ballon fit saillie dans la nacelle, menaçant d'asphyxier les deux voyageurs, qui eurent toutes les peines du monde à l'éventrer ; il fallut revenir trois quarts d'heure après le départ.

Une seconde ascension fut projetée ; elle eut lieu un mois après, le 27 juillet.

Cette fois, les résultats furent merveilleux. Les deux savants constatèrent des faits absolument nouveaux. La présence à 6 000 mètres d'altitude par 39 degrés de froid, de nuages formés de paillettes de glace fines comme des aiguilles, fut en particulier, une véritable révélation.

Personne n'avait imaginé qu'un froid aussi intense régnait dans les hautes régions et la découverte des cristaux de glace dans ce milieu inexploré, venait confirmer d'une façon éclatante les théories du célèbre Abbé Mariotte sur les couronnes et les halos.

Arago entrevit là toute une série d'hypothèses sur la formation de la grêle pendant les orages, etc., etc. Bref, si l'on s'en rapporte à ses paroles enthousiastes, c'était la plus brillante découverte dont les météorologistes pouvaient se réclamer depuis bien des années.

Le record de 7 400 mètres atteint dans cette ascension, ne fut pas battu lors des voyages aériens exécutés en 1852 par Welsh et Green dans un but purement scientifique, mais à partir de ce moment, on commença à se faire une idée nette de la décroissance de la température jusqu'à une certaine hauteur.

Tous ces résultats accumulés en quelques années décidèrent l'Association Britannique pour l'avancement des Sciences, à voter d'importants crédits

pour une exploration en règle de l'atmosphère. M. Glaisher, chef du bureau météorologique de Greenwich, voulut lui-même se charger des expériences.

C'est alors que pendant plusieurs années Glaisher et son aéronaute Coxwell, exécutèrent leurs hardis voyages. Celui du 5 septembre 1862 restera à jamais célèbre.

Partis à une heure de l'après-midi, les deux voyageurs atteignirent à deux heures la hauteur de 8 838 mètres. L'air était si raréfié et le froid si intense que Coxwell perdit l'usage de ses mains et Glaisher s'évanouit. Le ballon montait toujours avec une grande vitesse. Glaisher a analysé ses sensations au moment où il perdit connaissance. La paralysie commença par les bras, gagna les jambes et le tronc en dernier lieu. Puis, subitement, il perdit l'usage de la vue, les ténèbres l'enveloppèrent, mais son cerveau fonctionnait encore.

Enfin Coxwell put tirer la corde de la soupape avec ses dents et la descente commença.

Glaisher avait fait sa dernière lecture barométrique à 8 838 mètres à deux mètres près la hauteur du Gaurisankar, le pic le plus élevé du Népaul, au pied duquel viennent mourir les pèlerins brahmaniques qui cherchent le Nirvâna. D'après les calculs de Glaisher, les deux aéronautes se seraient élevés à 11 000 mètres d'altitude; mais à cette époque les baromètres enregistreurs n'existaient pas et les chiffres véritables sont toujours demeurés fort incertains.

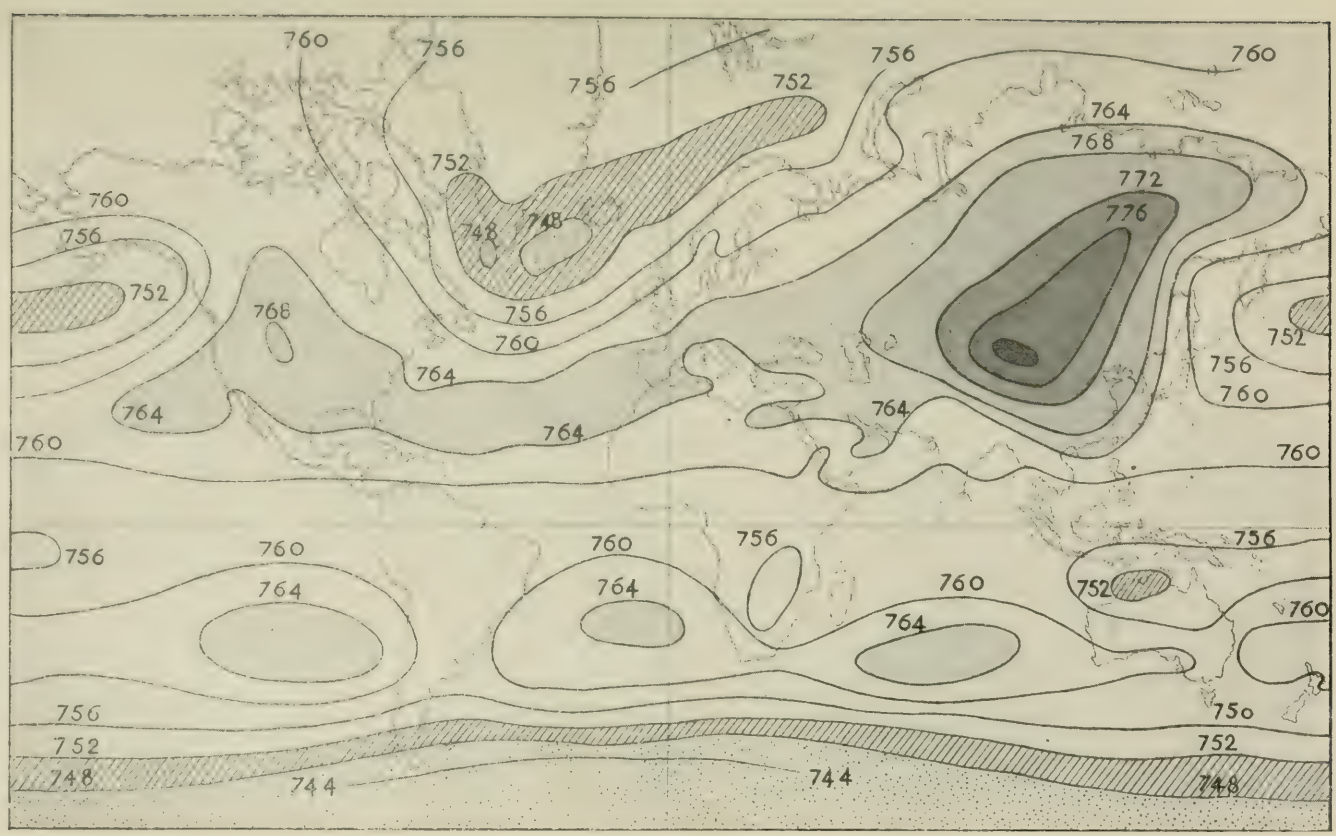
A l'aide de cet appareil ingénieux construit par M. Richard, les aéronautes savent s'ils montent où descendent. A terre, une différence de 1 mètre de niveau est accusée par l'instrument.

La fièvre des hautes régions gagna la France et bientôt la Société de navigation aérienne organisa à son tour une série d'ascensions qui ne demeurèrent pas infructueuses. Celle du 15 avril 1875, par son terrible dénouement, restera à jamais célèbre dans les fastes de l'aéronautique.

Trois intrépides Français, Sivel, Crocé-Spinelli et Gaston Tissandier voulurent tenter de battre tous les records de hauteur; pour lutter contre la raréfaction, la nacelle de leur *Zénith* était abondamment pourvue de ballonnets gonflés d'oxygène.

Mais à 7 450 mètres les sensations deviennent déjà pénibles; lorsque Tissandier veut saisir le tube

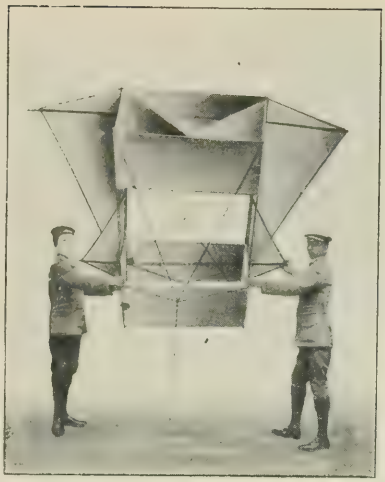
GLAISHER ET COXWELL,
procédant à des observations météorologiques en ballon.



En réunissant les points d'égale pression moyenne on obtient des *isobares* montrant qu'au mois de janvier la pression de l'air est très faible sur l'Atlantique nord, et vers le Pôle austral, forte dans les latitudes moyennes, avec un maximum en Asie orientale.

à oxygène, son bras ne fonctionne plus. Cependant ses yeux n'ont pas quitté le baromètre, le ballon monte toujours, ses compagnons sont évanouis, il veut crier, les réveiller, leur annoncer qu'ils sont à 8 000 mètres; impossible, sa langue est paralysée et lui-même perd connaissance.

Il se réveille une demi-heure après : c'est Crocé qui le secoue et qui lui crie : « Jetez du lest, nous descendons! » Mais Tissandier retombe inerte au fond de la nacelle; le ballon est encore à 5 000 mètres d'altitude et sa chute s'accélère avec une vitesse effroyable.



TYPE « CELLULAIRE » DES CERF-VOLANT ACTUEL.

(Modèle de la Maison Gomès à Paris.)

Tissandier qui a repris connaissance, veut réveiller ses compagnons : Sivel a la figure noire, la bouche béante, Crocé ferme à demi les yeux, tous deux ont la bouche et les lèvres couvertes de sang.

Soupçonnant la triste réalité, l'aéronaute perd la tête et il continue à appeler : « Sivel! Sivel! »

Ses deux compagnons, hélas! s'étaient évanouis pour toujours.

Bientôt le *Zénith* touchait terre dans les plaines de l'Indre à 250 kilomètres de Paris.

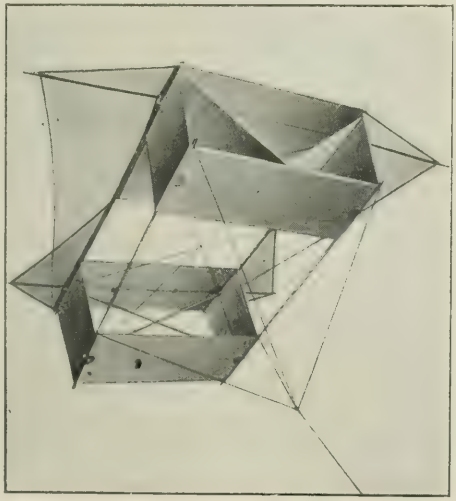
Depuis on a essayé de battre le record de Glaisher et Coxwell et la palme est restée à MM. Berson et Suring qui ont fait à Berlin, le 31 juillet 1901, une ascension où ils ont atteint l'altitude fabuleuse de 10 800 mètres.

Ainsi, les résultats d'une exploration systématique de l'atmosphère ne sauraient dépasser 11 kilomètres en ballons montés. C'est évidemment de beaucoup la couche la plus dense et la plus grande partie de la masse de l'enveloppe gazeuse terrestre, mais ces onze kilomètres ne sont rien comparés à la hauteur totale.

Il fallait trouver des procédés moins dangereux et plus pratiques, pour exécuter d'une façon continue les grands sondages aériens.

Nous allons voir de quelle façon le problème a été résolu.

On pourrait rapporter aux Montgolfier et à l'aéronaute Charles, la gloire d'avoir inventé les observatoires flottants. Le globe à air chaud du premier et le ballon gonflé à l'hydrogène de Charles furent, en effet, des ballons libres et non montés. On pouvait les suivre à la lunette et mesurer la hauteur atteinte, mais, à cette époque, il ne pouvait être question d'emporter dans les airs, les appareils enregistreurs de la température, de l'humidité et autres éléments météorologiques. Et c'est précisément ce que



AUTRE TYPE DE CERF-VOLANT CELLULAIRE.

(Construit par la même Maison.)

La Plage de Berck

Photographie prise au moyen d'un appareil emporté par un cerf-volant. (*Cliché de la Maison Gomès.*)

font, aujourd'hui, les ballons-sondes.

La première tentative de ce genre ne date, en réalité, que de l'expérience de MM. Hermite et Besançon, qui lancèrent au-dessus de Paris un ballon en baudruche, muni d'appareils inscripteurs, à la date du 11 octobre 1892. L'aérostat leur fut rapporté intact et la courbe accusa une altitude de 1 200 mètres seulement.

Toutefois, le principe était donné et les expériences se sont tellement multipliées depuis qu'on ne compte plus les succès. En mars 1893, on atteignit l'altitude de 15 000 mètres : le thermomètre y était descendu à - 51°

Le 20 octobre suivant, on enregistra 15 500 mètres et - 70° de froid.

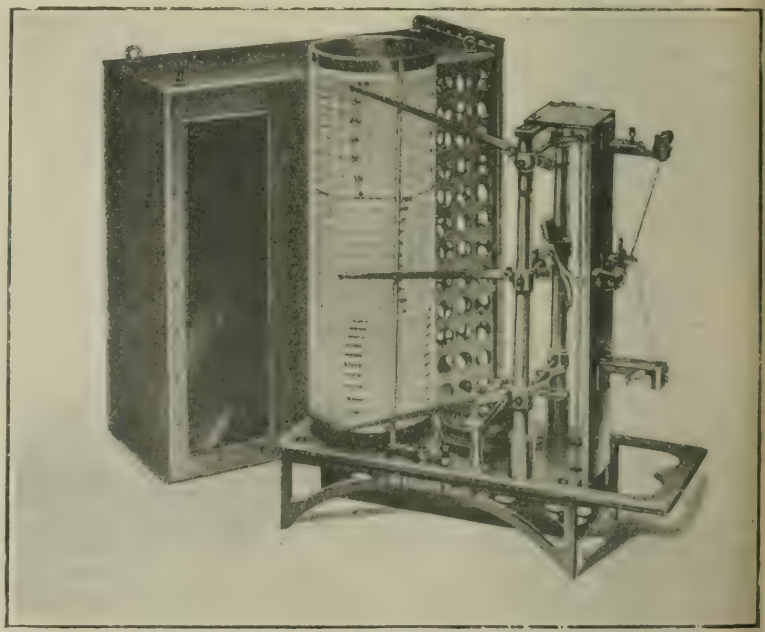
Mais peu à peu toutes ces hauteurs furent dépassées. Des lancers internationaux s'effectuèrent simultanément en divers pays, le premier jeudi de chaque mois et rapportèrent des renseignements extrêmement précieux pour notre connaissance des hautes régions.

En 1907, à l'observatoire d'Uccle (Belgique), l'altitude de 26 kilomètres fut atteinte, et le 5 novembre 1908, un autre ballon emporta ses appareils enregistreurs à la hauteur fantastique de 29 040 mètres !

Le baromètre marquait là-haut une pression de un centimètre seulement, et le thermomètre accusait un froid de 63 degrés au-dessous de zéro.

Cette altitude remarquable n'a pas été dépassée depuis et à l'heure actuelle nous pouvons estimer que nous avons exploré l'atmosphère, suivant une verticale voisine de 30 kilomètres.

Pratiquement ces merveilleux records, en raison même de leur rareté, ne peuvent rendre de grands services à la science météorologique ; l'idéal serait d'obte

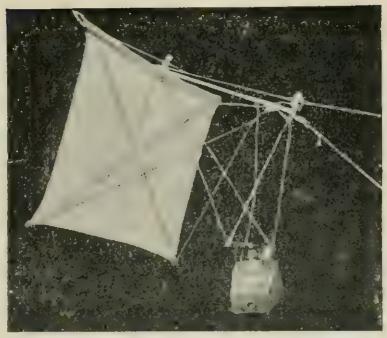


Les aéronautes emportent maintenant avec eux un appareil indiquant à la fois l'altitude, la température et l'humidité des couches d'air traversées

(*Baro-thermo-hygromètre enregistreur construit par la Maison Richard.*)

nir à chaque instant des renseignements précis sur l'état des couches d'air situées dans la région des nuages et il faut avouer que, sous ce rapport, le ballon-sonde ne satisfait pas pleinement aux exigences des observateurs.

C'est pourquoi les météorologistes ont cherché dans une voie quelque peu parallèle et ils ont perfectionné, à cet effet, le vulgaire cerf-volant, ce jouet inoffensif qui continuera à faire les délices des enfants de toutes les générations.

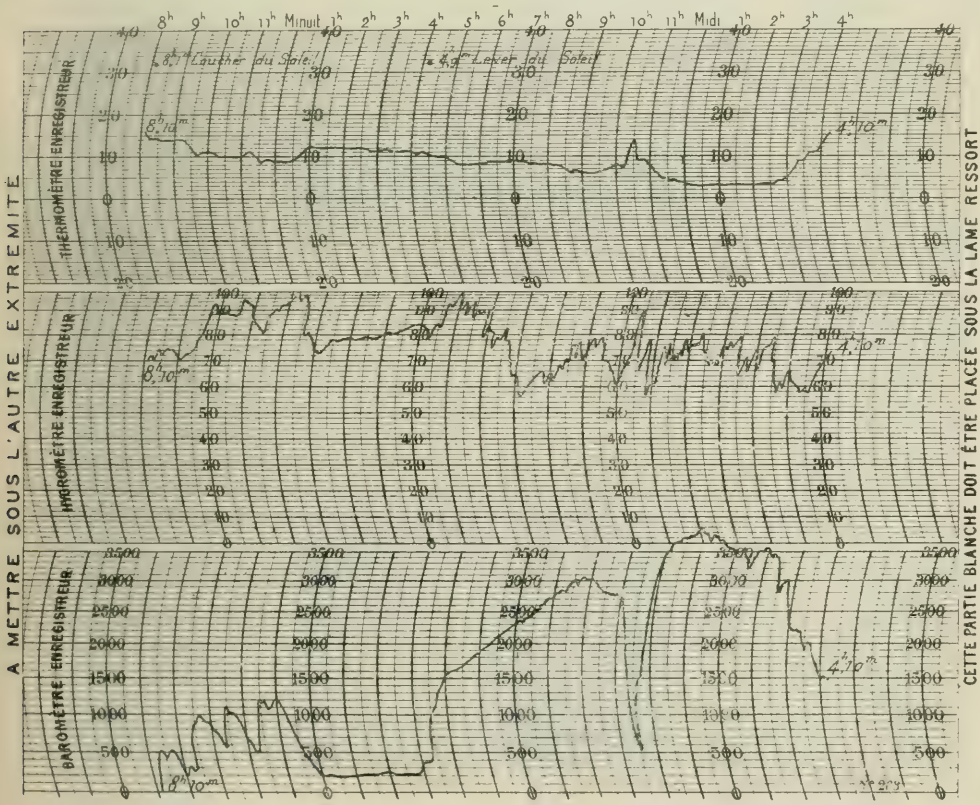


Au moment precis un declanchement électrique ouvre l'appareil photographique emporté par le cerf-volant.

(*Modèle de la Maison Gomès.*)

Le type actuel dit cellulaire et dont nous donnons quelques photographies mises gracieusement à notre disposition par la maison Gomès de Paris, remplace avantageusement les ballons libres et rend aux météorologistes des services de plus en plus appréciés.

Dans certains observatoires, les lancers de cerfs-volants se font avec régularité et les données sur la haute atmosphère, grâce à eux, s'accumulent d'une façon systématique et permanente.



Ces trois courbes ont été obtenues par M. M. Farman au moyen de l'appareil de la page précédente, emporté au cours d'une ascension.

La substitution du fil d'acier à la corde a notablement accru la hauteur des ascensions pendant lesquelles on élève à plusieurs milliers de mètres des instruments enregistreurs et même des appareils photographiques.

En France, à l'observatoire de Trappes, M. Teisserenc de Bort a déjà obtenu des résultats remarquables par l'usage de ces appareils.

Quelques chiffres vont nous donner une idée de la fécondité de la méthode.

A Blue-Hill, aux Etats-Unis, M. Rotch a des cerfs-volants qui dépassent souvent 5 000 mètres. Au Mount-Weather (Virginie) d'avril à juin 1910, on a pu réaliser 89 sondages aériens en 91 jours! 72 ascensions de cerfs-volants de 6 mètres carrés et 17 par ballons captifs de 31 mètres cubes.

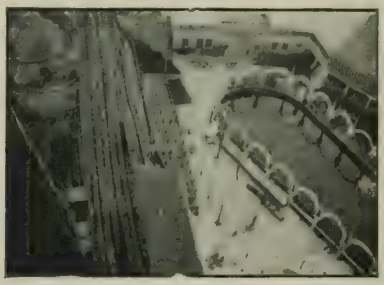
Un attelage de cerfs-volants peut soulever une nacelle et enlever un aéronaute.

(Appareils cellulaires de la Maison Gomès.)

La moyenne de l'altitude atteinte, a été de plus de 3 000 mètres avec les cerfs-volants. Mais ces chiffres sont de beaucoup dépassés dans certains cas.

C'est au cours de cette série, que fut établi le record d'altitude pour les cerfs-volants. Dix appareils furent attelés sur un même fil de 13 750 mètres de longueur et arrivèrent à la hauteur de 7 265 mètres.

Mais ce qu'il importe avant tout de réaliser, ce sont moins les beaux records que les séries régulières de lancers consécutifs à une altitude déterminée. Sous ce rapport, quelques progrès restent à faire et nos intrépides aviateurs ne tarderont pas à s'en charger.



MAGIC-CITY.

Photographié au moyen d'un cerf-volant

(Cliché de la Maison Gomès.)

PHOTOGRAPHIE PRISE PENDANT L'HIVER AU SOMMET DU PUY DE DOME.

CHAPITRE V

UNIVERSITAS O. M. I. OTTAWIENSIS

Le chaud et le froid.

On a cru pendant longtemps que la chaleur était produite par une sorte de fluide mystérieux qui élisait domicile dans la substance même des corps soumis à son action; ce fluide, les physiciens l'avaient surnommé *calorique;* c'était donc quelque chose rappelant assez bien le fameux phlogistique dont nous avons retracé l'histoire.

Un corps pouvait gagner ou perdre en calorique, il devenait ainsi, ou plus chaud ou plus froid. Pour les physiciens modernes ce calorique n'existe pas.

Il est facile, tout d'abord, de montrer que les corps sont formés de parties extrêmement petites qui ne se touchent pas, mais qui sont plus ou moins rapprochées les unes des autres.

Suivant l'éloignement des particules constituant les corps, la matière nous apparaît sous des états tout à fait différents.

Nous allons prendre des exemples pour mieux préciser :

Chauffez un morceau de glace : de solide il passera à l'état liquide, puis il se vaporisera et, sous cette dernière forme il occupera un espace énorme en comparaison de son volume primitif.

Les molécules composant la glace et qui étaient collées pour ainsi dire, par leur propre attraction, se sont écartées les unes

des autres, et ont donné lieu à un nouvel aspect : la vapeur d'eau.

Et si nous chauffions encore? Nous verrions d'abord apparaître des propriétés nouvelles; la vapeur chauffée en vase clos pourrait faire éclater le récipient qui la contient; les molécules d'eau exerceraient alors une pression sur les parois, et c'est cette propriété que nous utilisons pour pousser le piston des cylindres de nos machines à vapeur.

En portant plus loin le degré de chaleur, la vapeur d'eau se dissocierait en ses deux éléments.

Vous savez, en effet, que l'eau résulte de l'association de deux gaz : l'hydrogène et l'oxygène; eh bien, une température de 1 200 degrés suffit pour détruire cette association, pour « décoller » les molécules.

Des expériences extrêmement ingénieuses ont montré que dans un litre d'hydrogène qui ne pèse que 8 centièmes de gramme, il n'y a pas moins de 89 840 quintillions de particules de gaz absolument distinctes. Vous pouvez juger par ces chiffres, le nombre formidable de parties d'hydrogène que contient un litre d'eau.

Il est même certain que les molécules et les atomes ne sont pas les dernières divisions de la matière, mais l'explication de ce fait nous entraînerait trop loin. Il suffit que nous sachions que tous les corps sont formés d'une façon analogue, c'est-à-dire de parties extrêmement petites qui ne se touchent pas, mais qui sont dans un état de perpétuelle vibration.

Pour faire de bonnes observations météorologiques on doit disposer les appareils dans un abri spécial.

(Modèle de l'Observatoire de Montsouris.)

Si ces vibrations augmentent d'amplitude, c'est-à-dire si le chemin que parcourt un atome ou une molécule, s'accroît autour de sa position moyenne, il en résulte un écartement total plus grand, et le corps commence par se dilater. Le phénomène est tout à fait visible dans une barre de fer qui s'allonge lorsqu'on la chauffe.

Il suit de là que pour communiquer de la chaleur à un corps, il suffit de lui fournir du mouvement; mais, entendons-nous bien sur les mots : il y a mouvement et mouvement.

Lançons une balle d'acier contre une plaque rigide, si la vitesse est assez grande la balle en arrivant s'échauffera, atteindra même la température de fusion et nous la ramasserons complètement déformée.

Nous possédons maintenant les données suffisantes pour analyser ce qui vient de se passer.

Nous avons donné au projectile un mouvement de translation rapide; or, aucune puissance au monde ne peut enlever à la balle la quantité de mouvement qu'elle a reçue, et si nous la trouvons au repos, c'est que le mouvement visible s'est *transformé* en mouvement invisible.

Toutes les molécules de la balle se sont en effet partagé ce mouvement et, comme elles sont très nombreuses, chacune d'elles en a reçu une quantité si minime, que notre sens de la vue ne peut le constater.

Mais au toucher nous nous rendrons compte d'un phénomène nouveau : la balle s'est échauffée. La chaleur n'est,

Musée d'Anvers. L'Automne, par A. Grimer. (*Cliché Giraudon.*)

en somme, qu'un mode de mouvement.

Il n'y a donc, à proprement parler, ni froid ni chaud, mais des mouvements moléculaires plus ou moins intenses.

D'après les physiciens actuels les espaces interplanétaires seraient, tout vides qu'ils nous paraissent, remplis d'une matière impondérable, extrêmement élastique, mise en mouvement par différents foyers.

Le Soleil, par exemple, communiquerait des vibrations rapides à cette matière qu'on appelle l'*éther* et dont les ondulations elles-mêmes se transmettraient aux dernières particules des corps baignés dans ce milieu impondérable.

Il n'y a, évidemment, dans cette dernière explication, qu'une hypothèse extrêmement ingénieuse. Toutefois, quel que soit le sort que l'avenir réserve à cette élégante théorie, il n'en restera pas moins acquis à la science que la chaleur n'est qu'un mode de mouvement et que ce phénomène n'est pas dû à une qualité inhérente à la substance, ni à un fluide mystérieux dont les corps seraient plus ou moins remplis.

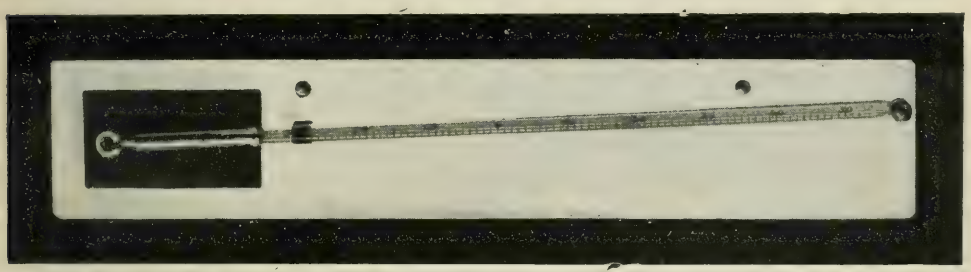
Si d'ailleurs nous nous en rapportons à notre seul sens du toucher pour apprécier la chaleur d'un corps, nous tomberons dans les erreurs les plus grossières.

Tout le monde connaît l'expérience suivante : en même temps que nous tenons la main droite dans l'eau froide, laissons séjourner notre main gauche dans l'eau chaude, puis brusquement trempons les deux mains dans un vase plein d'eau tiède.

La droite nous transmettra une sensation de chaleur et la main gauche une sensation contraire; la même eau tiède produit donc simultanément deux impressions différentes.

C'est encore ainsi qu'une cave nous paraît chaude en hiver, et froide en été.

Toutes ces sensations sont donc essentiellement relatives, et pour juger de la température d'un corps, les physiciens ont préféré s'adresser à un phénomène dont l'intensité est proportionnelle à la température dans une certaine limite.



Le *Thermomètre à Maxima* indique la plus haute température de la journée. A cet effet un étranglement du tube empêche le *mercure* de redescendre dans le réservoir

Nous avons vu que la chaleur dilate les corps. La valeur de cette dilatation peut donc nous fournir une mesure de la température, et l'instrument qui nous la fera connaître, s'appelle un *thermomètre* (1).

Les meilleurs thermomètres sont ceux qui reposent sur la dilatation d'une masse gazeuse : thermomètre à air ou à hydrogène; mais ils sont très encombrants, et pour apprécier la température de l'air ou de l'eau on leur préfère les thermomètres à liquide, quitte à faire subir à ces instruments les corrections nécessaires.

Les thermomètres employés en Météorologie pour mesurer la température de l'air, sont en verre vert qu'on soumet pour éviter les changements du zéro à une chaleur de plus de 400 degrés.

Leur réservoir n'est pas sphérique, mais allongé pour, les rendre plus sensibles; on

(1) Thermomètre, de deux mots grecs : *thermos*, chaleur, *metron*, mesure.

les remplit de mercure ou d'alcool, et on fait la graduation sur la tige.

Cette opération de la graduation est beaucoup plus délicate qu'on pourrait le croire, et il y faut apporter de grandes précautions.

La maison Tonnelot à Paris, a la spécialité de ces instruments précis, et au surplus il est toujours facile de les faire vérifier par le Bureau central météorologique de France.

La graduation centigrade, la plus usitée, s'obtient en trempant le thermomètre dans la glace fondante, et l'on marque *zéro* au point où s'arrête le liquide, puis dans la vapeur d'eau bouillante, et l'on marque 100 *degrés*.

En Météorologie, où l'on n'a jamais besoin de mesurer cette dernière température on s'arrête généralement à 55 degrés, ce qui est suffisant pour tous les cas. Une bonne mesure thermométrique de l'air doit toujours être faite à l'ombre au-dessus d'une pelouse, autant que possible, à 2 mètres de hauteur et en se mettant à l'abri des réverbérations des murailles.

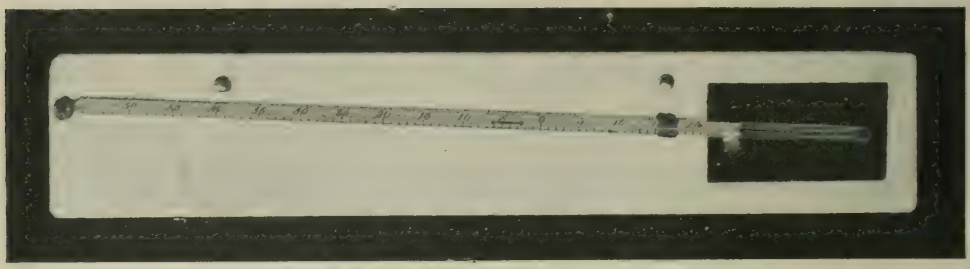
Le mercure se solidifiant vers 40 degrés au-dessous de zéro, les observateurs des pays très froids doivent faire usage des thermomètres à alcool.

Les indications des thermomètres sont extrêmement précieuses pour juger d'un climat.

Théoriquement, nous savons, en effet, qu'en raison de son inclinaison sur le chemin qu'elle parcourt, la Terre ne reçoit pas chaque jour en un point de sa surface, la même quantité de chaleur, de là une diversité très grande dans les climats.

Vers l'équateur où les rayons du Soleil dardent d'aplomb sur le sol, la température atteint à l'ombre des chiffres qui peuvent dépasser 50 degrés. Au Sahara, dans certaines régions basses, par temps calme, on observe la même ascension de la colonne thermométrique.

Dès qu'on avance plus au Nord, la différence d'obliquité des rayons solaires, suivant la saison et la longueur variable des jours et des nuits, nous donne des températures extrêmes, aussi bien pour le chaud que pour le froid.



Le *Thermomètre à Minima* indique la plus basse température des 24 heures. Un index en émail restant au point le plus bas atteint par la colonne d'alcool, marque le degré minimum obtenu.

Les météorologistes appellent *moyenne* de la température d'une journée, la moyenne de la température la plus élevée et la plus basse.

Le maximum de chaleur a lieu vers deux heures et demie du soir, et le minimum une demi-heure environ avant le lever du soleil.

Mais ce ne sont là que des indications vagues qui ne suffiraient pas pour fixer d'une façon précise la valeur de ces extrêmes de température. Pour les relever on a recours à des appareils automatiques pour ainsi dire.

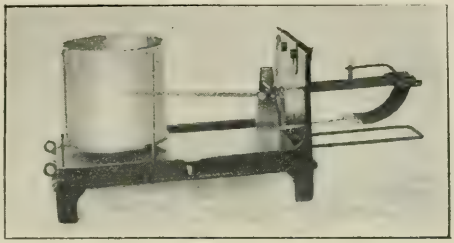
Veut-on obtenir la plus haute température de la journée, on emploie un thermomètre qui possède au-dessus de son réservoir un petit étranglement.

A mesure que la chaleur augmente, le mercure, par l'effet de la dilatation, est forcé de sortir, mais comme le thermomètre est disposé presque horizontalement,

Répartition des températures sur la Terre

En réunissant les points d'égale température moyenne, on obtient les lignes *isothermes*. On voit immédiatement, à la simple inspection de la figure, l'influence des mers et des continents sur la répartition générale de la chaleur et du froid.

le poids du liquide expulsé n'est pas suffisant pour le faire rentrer; on peut donc immédiatement apprécier la quantité de mercure sortie du réservoir et par conséquent le degré de chaleur atteint : cet instrument est un thermomètre à maxima.



Sous l'influence de la température, un tube recourbé, légèrement aplati et rempli d'alcool communique ses déformations à une plume traçante et rend le thermomètre enregistreur.

(*Modèle Richard.*)

Les plus hautes températures relevées à Paris et constatées d'une manière certaine n'ont jamais dépassé 38°,4, malgré des étés extrêmement chauds.

Cependant à en croire certains auteurs, le thermomètre serait monté à 40° en 1720, à 39° en août 1763, mais il faut se méfier beaucoup de ces données souvent prises à la devanture d'un opticien, dans une rue exposée de longues heures au soleil.

L'un des derniers maxima certains observés, l'a été le 19 juillet 1881 avec une température de 38°,4. En France, le thermomètre est monté à 41°,2 le 24 juillet 1870, à Poitiers, et à 42°,9 le 19 juillet 1904 à Montpellier. C'est le plus fort maximum constaté d'une façon certaine dans notre région.

Les plus hautes températures sur la Terre ont été enregistrées en Egypte : +47°,4; dans les déserts de Nubie : +54°,4 à l'ombre et +65°,5 au soleil, et enfin celle qu'a signalée le capitaine Griffiths près de l'Euphrate où le thermomètre accusa une température de +55°,5 à l'ombre, et +68°,8 au soleil.

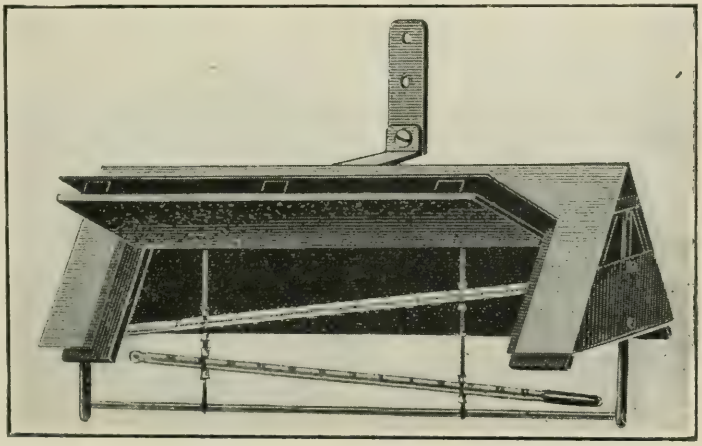
Quand on songe aux écarts qui ont lieu entre les régions tropicales et les températures de la Sibérie, on est surpris de voir avec quelle facilité et quelle souplesse le corps humain sait se plier aux exigences du milieu ambiant.

Sous ce rapport il est certain que l'homme peut supporter des températures extrêmes, pourvu qu'elles soient de courte durée et que l'air soit tout à fait sec.

Dans les Mémoires de l'Académie pour 1764, Tillet rapporte que les filles de service employées au four banal de la petite ville de La Rochefoucault avaient imaginé une sorte de sport que nous recommandons à nos lectrices.

C'était à qui resterait le plus longtemps dans le four au moment de la cuisson et plusieurs d'entre elles y faisaient des séjours de dix minutes. La température y atteignait couramment 132°, soit 32 degrés de plus que celle de l'eau bouillante.

Au moment d'une des expériences à



Lorsqu'on borne ses observations aux indications du thermomètre on peut se contenter d'un abri simplifié. (*Modèle de la Maison Tonnelot à Paris.*)

laquelle tout le monde pouvait assister, l'une des jeunes filles entrée dans la fournaise était entourée des pommes et de la viande qui cuisaient.

Aussi invraisemblables que peuvent paraître ces faits, ils n'en sont pas moins authentiques, et différents observateurs les ont renouvelés depuis.

Passons maintenant aux températures inférieures au zéro, c'est-à-dire à la glace fondante.

Pour mesurer les plus basses températures on se sert de thermomètres à minima qui sont habituellement à réservoirs remplis d'alcool incolore.

Un petit index en émail peut circuler librement dans la tige, et avant l'expérience on le fait descendre jusqu'à l'extrémité supérieure de la colonne d'alcool.

Disposons maintenant l'instrument dans une position horizontale et observons : si l'alcool se dilate et envahit le tube, il passe entre ses parois et le petit index, *sans déplacer* celui-ci, mais si la température baisse, le liquide se contracte et par l'adhérence de son extrémité à celle de l'index, ramène celui-ci qui finalement montre la plus faible hauteur atteinte.

Ces deux appareils à maxima et à minima sont avantageusement remplacés aujourd'hui par des thermomètres enregistreurs.

Ces instruments qu'on gradue par comparaison, portent un réservoir métallique, sorte de tube aplati et recourbé renfermant de l'alcool.

La dilatation ou la contraction du liquide augmente ou diminue la courbure du tube et par un système de leviers facile à imaginer, fait mouvoir une plume traçante sur un cylindre comme dans le baromètre analogue.

Ces enregistreurs nous ont fourni de précieux renseignements sur la température de la haute atmosphère, car tous les cerfs-volants et les ballons-sondes les emportent avec eux dans les grands sondages aériens.

Dans nos régions, les températures les plus basses constatées ont été pour Paris :

- 23°,5, le 25 janvier 1795;
- 21°,3, le 9 décembre 1871;

et surtout - 25°,6, le 10 décembre 1879.

Mais il n'est pas rare de voir dans l'Est de la France le thermomètre descendre à plus de 30° au-dessous de zéro.

Parmi les chiffres les plus bas relevés sur la Terre, nous pouvons citer l'observation du capitaine Back dans l'Amérique du Nord, où il a constaté un froid de - 56°,7 en janvier 1834; celle de Nevirof, le 21 janvier 1838, à Yakoutsk, où le thermomètre a marqué - 60°.

Mais la partie du monde qui détient ce record peu enviable et qui est probablement l'un des pôles du froid de notre globe, c'est la région de la vallée de Léna et de la Iana.

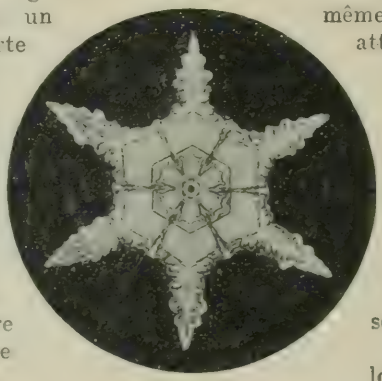
Pendant quatre mois de l'année on y voit souvent le thermomètre descendre au-dessous de - 50°.

A Verkhoïansk, petite station de ce district, on a observé sur un thermomètre à alcool une température de - 69°,8, ce qui, d'après M. Angot, doit correspondre au moins à une température réelle de 72° au-dessous de zéro.

Si l'on remarque que dans cette même station la chaleur peut atteindre en été + 31°,5, on voit que les écarts de température se chiffrent par plus de 100 degrés au cours de l'année.

« Et il y a des gens qui habitent ce pays-là ! » ainsi que me le faisait observer un de mes élèves au temps où j'enseignais la Physique.

Et nous nous plaignons lorsque dans nos contrées la température descend un peu au-dessous de zéro !



CRISTAL DE NEIGE OBSERVÉ AU MICROSCOPE.

LES NUAGES VUS DU SOMMET DU CANIGOU. (*Cliché Testory.*)

CHAPITRE VI

Les grands courants aériens.

Ce que nous avons appris des propriétés inhérentes à la matiere sous ses différents états, aurait pu nous amener à conclure que les gaz sont surtout caractérisés par une grande instabilité de leurs molécules.

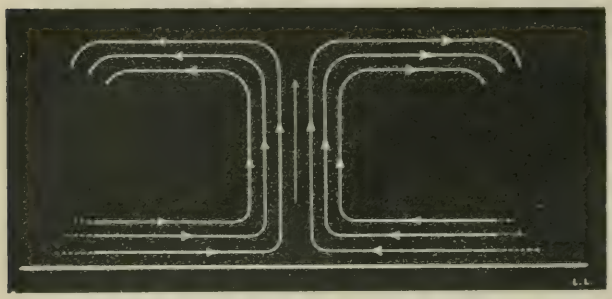
Alors que dans les solides, les plus petites parties de la matière sont réunies par une sorte d'attraction moléculaire que les physiciens appellent *cohésion*, dans les liquides la cohésion vaincue par la chaleur n'existe pour ainsi dire plus, tellement elle paraît réduite; il s'y produit donc des phénomènes de glissement analogues à ceux que nous observons dans la poussière d'un sablier.

Les gaz présentent la même particularité avec, encore, une véritable exagération. On sait toutes les précautions qu'il faut prendre pour verser d'un récipient dans un autre le gaz carbonique plus lourd que l'air et qui se maintient au fond d'un vase. L'expérience prend même une forme tout à fait élégante si l'on a soin, sur le

trajet de la cascade de gaz carbonique, de disposer un léger moulin à ailettes en papier.

Cette instabilité de tous les gaz, nous pouvons encore la mettre en évidence au moyen de la chaleur.

Un poêle allumé dans une chambre, ou mieux une simple lampe à pétrole, établit des courants d'air bien marqués. Au-dessus du foyer le gaz se dilate, en effet,



Au-dessus d'un sol échauffé on constate l'existence de courants dont la direction est indiquée par les flèches : il y a appel d'air dans une sorte de cheminée verticale.

devient plus léger et gagne les parties supérieures de l'appartement.

Les enfants profitent souvent de la circonstance pour placer au-dessus d'une lampe une hélice en papier que le courant ascendant fait tourner d'une façon continue. Il y a donc à chaque instant un appel d'air froid pour remplacer le vide ainsi produit.

L'existence de ces courants devient plus visible encore dans une chambre bien chauffée : entrebaillez la porte, vous aurez à sa partie supérieure un courant chaud du dedans au dehors. En bas au contraire, l'air extérieur entrera dans la pièce et déterminera un courant froid. La flamme d'une bougie présentée sur tout le parcours de l'ouverture vous indiquera, par ses inclinaisons différentes, l'existence et la direction de ces courants.

Telle est l'explication simple qui va nous permettre de comprendre le mécanisme des vents, ces grands courants aériens, dont nous constatons la présence sur le globe terrestre.

Là aussi nous avons un foyer, le soleil, dont les ardents rayons frappent sans discontinuer une masse gazeuse considérable.

Imaginons donc une coupe de l'atmosphère dans les régions les plus chaudes de la Terre à l'endroit où le Soleil envoie perpendiculairement ses rayons sur le sol. Au-dessus de la surface échauffée, nous aurons, tout comme dans les exemples précédents, une colonne ascendante d'air chaud et au niveau du sol des courants froids qui accourront de toutes parts pour combler les vides.

Mais la Terre tourne ; à chaque instant les points frappés par le Soleil se succèderont, et finalement le mécanisme donnera naissance à une large bande d'air chaud constamment renouvelée par les courants froids venus des latitudes plus élevées et voisines des pôles.

Ainsi nous devons constater des vents assez réguliers soufflant du Nord au Sud dans notre hémisphère et du Sud au Nord dans l'hémisphère austral.

Or, en y regardant de plus près, les choses ne se passent pas du tout ainsi. Ces vents réguliers que nous appelons *alizés* ne suivent pas les différents méridiens et sont inclinés par rapport à eux.

Pourquoi cela ?

Cherchons l'explication du phénomène dans les circonstances mécaniques de la rotation de la Terre.

La vitesse d'un objet situé aux pôles est nulle ; si nous occupions cet endroit de la Terre nous ne ferions que pirouetter sur nous-mêmes.

A l'équateur, où nous décrivons la circonférence du globe en vingt-quatre heures, notre vitesse, le calcul est facile à faire, serait de 1 670 kilomètres à l'heure environ.

Mais un habitant de Paris décrivant une circonférence plus petite ne ferait que 1 098 kilomètres dans le même temps.

Lors donc que l'air se déplace de Paris

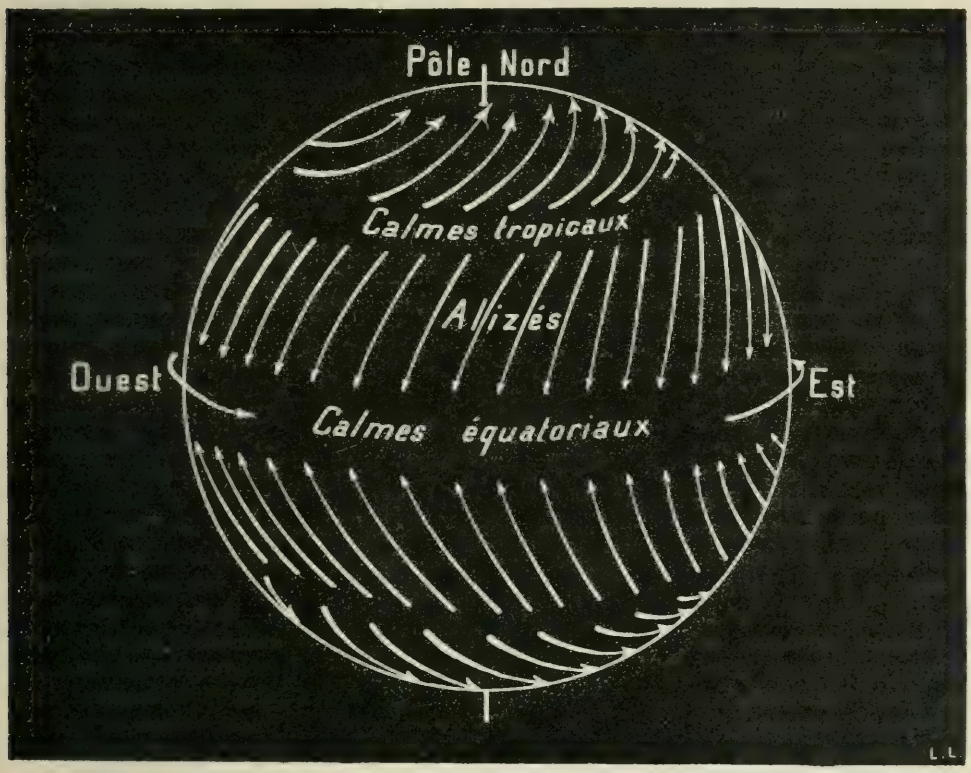
vers l'équateur, il rencontre sans cesse sur sa route des régions animées d'une vitesse de rotation plus grande que celle qu'il avait au départ et *qu'il conserve*, d'après les lois de la Mécanique; il reste donc constamment en arrière par rapport aux points de son parcours, si bien qu'il rejoint l'équateur avec un retard considérable.

La direction n'est donc plus du Nord au Sud, mais le courant paraît avoir obliqué et venir du Nord-Est. Le contraire a lieu pour l'hémisphère austral.

Et c'est ce que les marins avaient constaté autrefois, mais ils n'en soupçonnaient aucunement la cause, parce qu'à cette époque la rotation de la Terre n'était pas prouvée.

Ce sont les alizés qui ont poussé vers l'Amérique les caravelles de Christophe Colomb; soufflant constamment de l'Est, ces vents furent pendant toute la traversée, l'effroi des compagnons de ce hardi navigateur.

Lorsque les matelots constatèrent leur constance et leur régularité, ils commencèrent à craindre sérieusement que leurs navires ne pussent jamais les ramener dans leur patrie.



Sous l'influence de la rotation de la Terre combinée avec l'appel d'air dans les régions échauffées à l'Equateur les vents alizés soufflent dans une direction inclinée par rapport aux méridiens.

Mais bientôt la navigation à voiles escompta leur présence et en tira le plus merveilleux profit; c'est pourquoi les Anglais, toujours pratiques, donnèrent aux alizés (mot qui veut dire *réguliers*), le nom plus significatif de *trade-winds*, vents de commerce.

Arrivés dans la zone torride, les courants horizontaux d'air froid arrêtent leur

marche en avant pour prendre une direction ascendante. On constate, en effet, sur une large bande un calme extraordinaire que les marins redoutaient fort autrefois

Heureusement que cette région des calmes n'est pas tout à fait fixe; grâce à l'inclinaison de la Terre, le Soleil va d'un tropique à l'autre pendant le cours de l'année, il déplace donc avec lui la bande d'air chaud qui provoque le calme relatif de l'atmosphère en d'autres régions.

Et maintenant que devient l'air échauffé qui monte dans les couches supérieures?

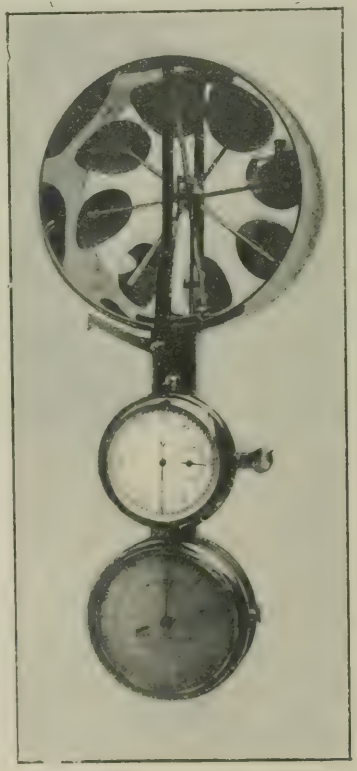
On croyait autrefois, et nous trouvons encore le fait affirmé dans nos Géographies, que, dans les hautes régions, il se formait un contre-courant en sens inverse du premier : c'était le *contre-alizé* qui allait, en s'abaissant peu à peu, rejoindre les régions polaires. Ainsi la circulation aérienne tout entière eût été intéressée dans ce grand mouvement de l'atmosphère.

Eh bien! les explorations des ballons-sondes n'ont pas confirmé cette manière de voir.

Que se passe-t-il dans ces régions élevées? Que devient l'air chaud? Quelle route suit-il pour redescendre? autant de points d'interrogation auxquels notre science actuelle ne peut répondre.

Faut-il croire que le contre-alizé se tient beaucoup plus élevé que le niveau atteint par nos sondages; ou bien admettre avec M. Vialay, que nous sommes en présence de circulations compliquées et que l'un des courants de retour, loin de se superposer dans l'atmosphère aux vents inférieurs, emprunte une voie se tenant au même niveau et va rejoindre la Sibérie en traversant la Méditerranée et le Nord de l'Afrique? Il y a là une série de problèmes que seules peuvent résoudre des expériences nombreuses et conduites d'une façon systématique.

Anémomètre Richard commandant un appareil enregistreur.



Cet appareil portatif construit par la Maison Richard permet d'apprécier à un moment donné la vitesse du vent en mètres par seconde.

Mais il est un fait certain, quelle que soit l'explication qu'on en donne, c'est que dans beaucoup de régions boréales, en Europe aussi bien qu'en Asie et en Amérique, les vents soufflent le plus souvent dans une direction voisine de l'Ouest.

Que se passerait-il très exactement si les surfaces continentales étaient plus régulièrement distribuées, c'est ce que nos théories sont impuissantes à nous dire. A l'heure actuelle, nous sommes cependant en mesure d'affirmer que les irrégularités du relief et des océans font naître des vents parculiers aux diverses régions de la Terre.

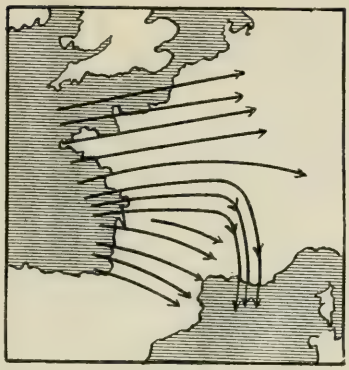
Sous l'influence des rayons solaires, les grands continents s'échauffent en effet, plus vite que les mers, de là des appels d'air vers ces régions, pendant tout le temps que le Soleil les éclaire.

GROS TEMPS

(D'après une lithographie.)

L'inverse se produit dès que l'astre du jour perd de son intensité.

Ce phénomène, vous l'avez d'ailleurs constaté bien souvent lorsque pendant les chaudes journés d'été vous êtes restés de longues heures étendus sur la plage, humant la *brise* aux effluves salés. Le soir venu, les vents, au contraire, soufflent de la côte : la brise a changé de sens.



Direction des vents dominants en France.

C'est ainsi que s'expliquent les *moussons* de l'océan Indien, avec cette seule différence que le phénomène dû à l'échauffement des hauts plateaux de l'Asie centrale s'étend sur ces vastes régions.

Chaque contrée, en raison de sa disposition, de son relief et de sa situation géographique, a donc des vents dominants qui viennent compliquer et embrouiller sa météorologie propre.

En Provence, par exemple, l'appel d'air causé par une rupture d'équilibre dans la température, fait naître le *mistral*.

Après s'être desséché sur les montagnes du Plateau central et des Cévennes, l'air s'engouffre en effet dans la vallée du Rhône où il acquiert parfois des vitesses effrayantes : il déracine les arbres, enlève les toitures, et on cite des cas où il est parvenu à culbuter des trains de voyageurs.

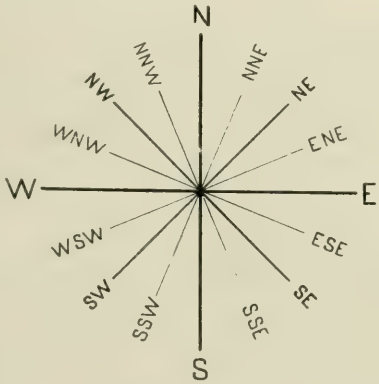
A côté de ces dégâts plutôt rares, le mistral exerce des influences salutaires.

Que de fois, par les journées étouffantes de l'été, je me suis demandé, en traversant les rues étroites de certaines villes provençales, comment les épidémies n'étaient pas plus fréquentes dans ces vieilles cités où les règles de l'hygiène sont moins observées qu'en plein moyen âge...

— « A quoi bon balayer, enlever les détritus et les ordures ménagères, me répondaient les habitants de l'endroit. A défaut de la municipalité, c'est le mistral qui s'en charge. »

Le rival du mistral, c'est le *fœhn* qui souffle plus particulièrement en Suisse, vent chaud que les montagnards qualifient de mangeur de neige.

A voir, au commencement du printemps, l'épaisseur de la blanche toison recouvrant champs et prairies, celui qui ignorerait cette particularité pourrait se demander par quel jeu de forces mystérieuses, la nature pourra dissiper la couche de neige atteignant parfois un ou deux mètres d'épaisseur. Interrogez les habitants, ils vous répondront que « ni le Bon Dieu ni le soleil n'y feraient rien, si le fœhn ne leur venait en aide pour débarrasser la terre de son froid linceul ».



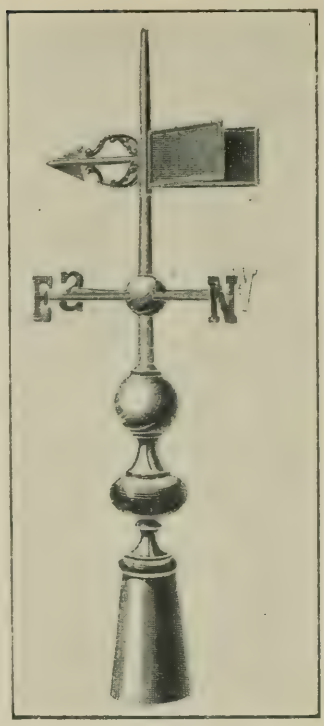
Rose des vents.

La lettre W est réservée pour la direction Ouest.

Des vents analogues au fœhn soufflent sur une bonne partie des côtes de la Méditerranée. En Espagne, c'est le *solano*, qui plonge les habitants dans une torpeur énervante; en Perse, c'est le vent de fièvre ; c'est encore le *siroco* qui traverse le Sahara, franchit l'Atlas et aborde les côtes européennes. En Guinée, c'est l'*harmattan*, en Egypte, c'est le *khamsin*.

C'est enfin le *simoun* qui soulève dans les grands déserts africains des nuages de poussière, déplace des montagnes de sable et ensevelit les caravanes.

Dès qu'il commence à souffler, le ciel s'emplit d'une poussière grisâtre, le soleil prend une teinte violacée. Souffle léger tout d'abord, le simoun prend peu à peu de la force et se change bientôt en tempête. La chaleur de l'air s'accroît et le thermomètre monte jusqu'à une cinquantaine de degrés. Dans cette atmosphère de fournaise la respiration devient haletante, les poumons se contractent, une soif ardente que l'eau est impuissante à assouvir, s'empare de l'homme et des animaux; la peau se fend sous l'influence de cette dévorante sécheresse. Des montagnes de sable se déplacent comme les vagues d'un océan brûlant.



L'Anémomètre le plus simple est la girouette.

Modèle Tonnelot.

On cite des coups de simoun qui ont englouti 12 000 personnes à la fois et fait périr 1 800 chameaux ; et l'histoire raconte que c'est dans une semblable tempête que périt l'armée de Cambyse.

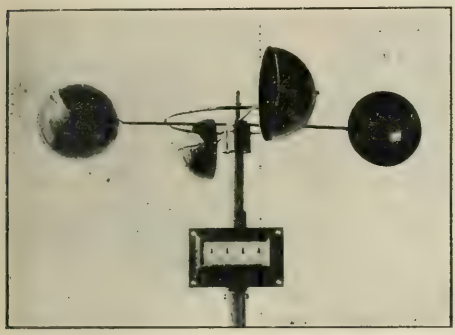
Les effets sont les mêmes à peu de chose près, dans les déserts de l'Asie centrale, lorsque souffle le *tebbad*.

Arminius Vambery nous en donne une description prise sur le vif.

« Nos pauvres chameaux, dit-il, avaient déjà reconnu l'approche du tebbad ; après une clameur désespérée, ils tombèrent à genoux, allongeant leur cou sur le sol, et s'efforçant de cacher leur tête dans le sable. Derrière eux, comme à l'abri d'un retranchement, nous venions de nous agenouiller, quand le vent passa sur nous avec un frémissement sourd et nous enveloppa d'une croûte de sable épaisse d'environ deux doigts. Les premiers grains de sable dont je sentis le contact produisirent sur moi l'effet d'une véritable pluie de feu. »

Nos	Désignation	EFFETS	VITESSE		PRESSION
			Mètres par seconde	Kilomètres par heure	par mètre carré en kilogrammes.
0	Calme	Insensible au visage	0 à 1	0 à 3.6	0 k. à 0.125
1	Faible	Agite les petites feuilles	1 à 4	3,6 à 14.4	0,125 à 2
2	Modéré	Agite les petites branches	4 à 8	14.4 à 28.8	2 à 8
3	Assez fort	Agite les grosses branches	8 à 12	28.8 à 43	8 à 18
4	Fort	Agite les jeunes troncs	12 à 16	43 à 57	18 à 32
5	Violent	Brise les branches	16 à 25	57 à 90	32 à 78
6	Tempête	Déracine les arbres	25 et plus	90 et plus	78 et plus

En 1895, Sven Hedin a parcouru le terrible désert de Takla-Makane dans l'Asie centrale ; il faut lire les récits qu'il



ANÉMOMÈTRE ROBINSON.
(Construit par la Maison Richard.)

nous a rapportés de ces effrayantes explorations.

« A perte de vue les dunes apparaissent régulièrement espacées. Cette mer de sable, me semble singulièrement grandiose et le silence qui l'enveloppe rend cette impression plus pénétrante.

« Devant cette majestueuse immensité, je me sens poussé en avant par l'aiguillon de la découverte et la fantasmagorie de l'inconnu.

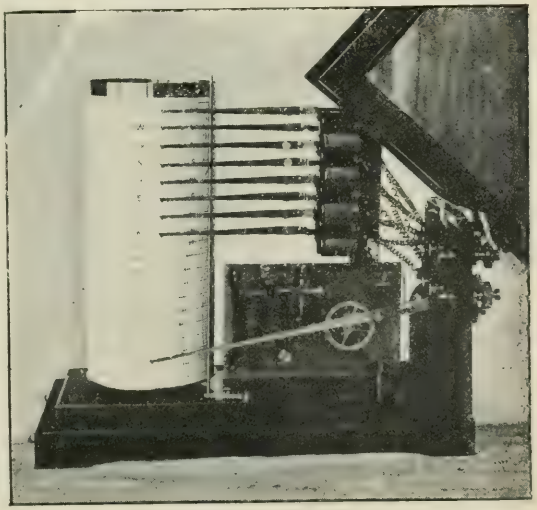
« Les dunes grandissent toujours; les plus saillantes atteignent maintenant 25 ou 30 mètres et présentent des pentes si escarpées qu'il est nécessaire de tracer un sentier sur leurs versants pour permettre aux chameaux de les gravir.

« Le lendemain la marche est rendue encore plus pénible par un simoun terrifiant. Sous les pas de la caravane les rafales soulèvent des nuages de sable et l'enveloppent de tourbillons impénétrables. Cette pluie de particules minérales pénètre partout, dans la bouche, dans le nez, dans les oreilles, même à travers les vêtements et les masques de fil de fer des lunettes.

« Par moment les hommes s'arrêtent à moitié asphyxiés par les trombes de poussière ne s'élevant pas à plus de 3 mètres ou 3 m. 50. Toute la journée le soleil luit, implacable, dans un azur idéalement pur. Impossible de se désaltérer. L'eau contenue dans les citernes portées par les chameaux a une température de 30 degrés. »

En France, nous avons rarement de semblables tempêtes à redouter; notre climat paraît surtout sous la dépendance des vents provoqués en grande partie par un large courant marin, le Gulf-Stream. Echauffées par un soleil torride, les eaux de la mer du Mexique sortent de l'étroit goulet de Bahama avec une vitesse de 5 à 10 kilomètres à l'heure. La largeur de ce fleuve marin aux eaux bleu-foncé atteint jusqu'à 200 kilomètres sur une profondeur de 400 mètres. Si nous ajoutons que la température du Gulf-Stream est voisine de 30 degrés, on comprendra qu'un pareil courant traversant l'Atlantique de part en part, amène dans l'atmosphère d'inévitables ruptures d'équilibre. Par un mécanisme particulier, ce courant augmente la fréquence des vents d'ouest dans l'Europe occidentale et tend ainsi à égaliser notre climat.

Nous verrons plus tard l'importance



En reliant électriquement un anémomètre à cet appareil on obtient l'enregistrement de la direction et de la vitesse du vent. *(Modèle Richard.)*

de la direction et de la vitesse du vent dans la prévision du temps; il est donc nécessaire de dire en terminant ce chapitre comment on détermine l'une et l'autre.

La direction du vent est donnée par le point d'horizon d'où il semble provenir. A cet effet, on utilise ce que les marins appellent la *rose des vents :* c'est une circonférence divisée suivant les quatre points cardinaux : Nord, Est, Sud, Ouest. Chaque part de la circonférence est lui-même divisé en parties égales plus petites; on obtient ainsi des directions intermédiaires.

Une glace noircie où l'on a tracé la rose des vents permet d'apprécier la vraie direction des nuages.

Pour déterminer le point d'où vient le vent on peut se servir d'une girouette ou mieux d'un léger drapeau, ou même d'un ruban attaché au bout d'un bâton.

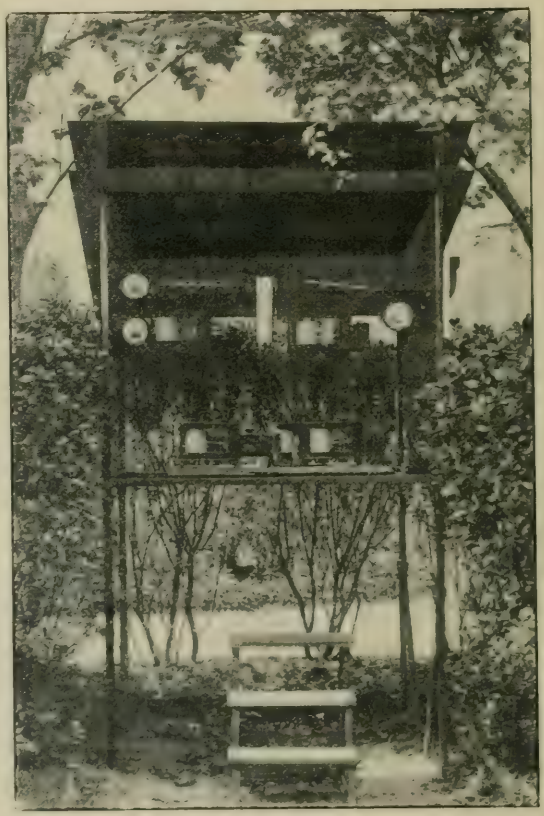
En général, il vaut mieux prendre cette direction sur un point élevé, en raison des remous occasionnés par les arbres, les maisons, les accidents de terrain. Cette remarque est si vraie qu'il est impossible de se faire une idée de la direction du vent en examinant un grand nombre de girouettes dans une ville.

Dans les observatoires, la direction du vent est enregistrée électriquement au moyen d'appareils appelés *anémomètres* (1). Souvent les instruments sont munis d'un moulinet à ailettes dont le nombre de tours par seconde peut être repéré et enregistré; on obtient alors la vitesse du vent en mètres par seconde.

Ces instruments sont toujours coûteux et ceux qui s'intéressent aux observations météorologiques peuvent avoir recours au tableau de la page 60 qui comprend 6 forces de vent qu'on peut facilement apprécier.

La vitesse du vent augmente généralement à mesure qu'on s'élève.

A Paris la vitesse moyenne est de 2 m. 15 par seconde à 20 mètres de hauteur. Au sommet de la tour Eiffel, elle est quatre fois plus grande, soit 8 m. 70; mais si nous montons encore, la vitesse ne croît plus proportionnellement. A 8 ou 10 kilomètres elle ne dépasse guère 30 mètres à la seconde. Néanmoins ce chiffre correspond à nos tempêtes; il faut remarquer, toutefois, que l'air étant plus raréfié, la pression doit être beaucoup



Abri météorologique.
Modèle du Bureau Central.

(1) Anémomètre de : *anemos*, souffle ; *metron*, mesure.

moins forte et les effets moins violents.

Ces derniers chiffres nous indiquent cependant, que la circulation aérienne est extrêmement active. L'atmosphère est continuellement agitée, des remous gigantesques sont sans cesse en action pour brasser cette masse énorme. Nous vivons dans les profondeurs d'un véritable océan aérien, seules les vagues de fond pour ainsi dire nous intéressent directement, mais pour les prévoir il faudrait constamment étudier les couches supérieures et si, dans ce domaine de la science, les ouvriers sont animés d'un zèle ardent, leur nombre fait souvent défaut et les ressources pécuniaires sont tout à fait insuffisantes.

Fleurs de glace.

L'hiver a l'observatoire du Puy de Dome.

CHAPITRE VII

Histoire d'une goutte d'eau.

L'eau est un des corps les plus répandus dans la nature, et son étude pourrait donner lieu à des travaux sans nombre.

Le chimiste l'analyse et la décompose en hydrogène et en oxygène, deux corps qui peuvent occuper des armées de savants; mais l'eau n'est jamais pure et notre chimiste y découvre des quantités de substances qu'elle dissout : carbonates, sulfates, chlorures, oxydes, etc.

Vous le voyez, l'horizon s'étend... Laissons notre homme à sa besogne et frappons chez le physiologiste.

— L'eau, nous répond-il, mais c'est la base de nos organes. Le corps humain est formé de deux tiers d'eau. Cette substance entre à l'état de combinaison dans les muscles, dans les tendons, dans les nerfs, dans le sérum du sang, dans chaque cellule; elle donne lieu à des composés dont la nomenclature vous ferait frémir; leur seule énumération nous prendrait toute une journée; leur étude mobiliserait tous les savants de la terre.

Pour l'industriel, l'eau est une force motrice : c'est la houille blanche qui descend des montagnes, fait tourner moulins, turbines et dynamos.

Pour l'agriculteur, c'est la richesse, l'engrais nécessaire à l'animal, à la plante, aux vignes, aux céréales, aux prés, à l'herbe des champs, à la mousse

aussi bien qu'aux arbres des grands bois.

L'eau, pour l'ingénieur, c'est souvent la force qu'il faut dompter et plier à nos besoins; c'est le flot qu'il faut endiguer, le torrent dont il faut se défendre, le ruisseau qu'il faut capter, la rivière qu'il canalisera, le fleuve qu'il traversera de ses câbles pour y suspendre un passage, de ses ponts métalliques audacieux; l'eau, c'est l'océan qui s'élance à l'assaut des falaises et des digues, et dont il faudra atténuer les effets.

CRISTALLISATION DE L'EAU VUE AU MICROSCOPE.

Adressons-nous maintenant au physicien :

— Qu'est-ce que l'eau ?

— Quelle question me posez-vous ? Mais c'est toute la Physique qu'il nous faudrait expliquer.

L'eau, nous l'étudions sous toutes ses formes, solidifiée dans la neige ou la glace; à l'état liquide, c'est alors l'Hydrostatique, c'est-à-dire l'écoulement des fluides, les lois de la pression et des frottements; les actions capillaires si déconcertantes qu'il faut pour les comprendre toutes les ressources de l'Analyse moderne; c'est la chaleur latente de solidification, de fusion, d'évaporation, les phénomènes optiques auxquels donne lieu son étude; c'est encore l'Hydraulique, la machine à vapeur, etc., etc.

CRISTAL DE NEIGE VU AU MICROSCOPE.

Arrêtons-nous, toutes les sciences y passeraient.

Dans ce chapitre, notre prétention ne sera pas si grande, nous nous bornerons à l'étude succincte des propriétés de l'eau, à celles surtout de ses transformations.

Commençons par une expérience.

Voici un litre d'eau prise à la température de la glace fondante, c'est-à-dire à zéro degré. Nous ne commettrons pas une grosse erreur en supposant qu'il pèse un kilogramme. Mettons-le dans un récipient avec un thermomètre et plaçons le vase sur le feu.

Le thermomètre monte peu à peu; toutes les fois que le mercure franchit *un* degré, nous avons dépensé une quantité de chaleur que les physiciens appellent *calorie* et qu'ils prennent pour unité.

L'eau bout maintenant et notre thermomètre accuse 100 degrés. Nous avons donc dépensé 100 calories. Mais voici une chose étrange : l'ébullition continue et le thermomètre reste stationnaire, il s'obstine à marquer 100 degrés.

Et cependant le feu n'est pas éteint. Il y a donc une dépense constante de chaleur, et si je continuais l'expérience pendant des heures et des heures, j'en aurais la preuve par le montant de la note que fournirait le relevé du compteur à gaz.

Où passe donc cette chaleur que le thermomètre n'accuse plus ?

Raisonnons un peu. La chaleur, nous l'avons vu, n'est qu'une forme de l'énergie. Nous savons qu'en fait, donner de la chaleur à un corps c'est communiquer un certain mouvement vibratoire à ses molécules, mouvement qui détruit leur *cohésion*.

Voilà donc le véritable travail que

produit maintenant la chaleur du foyer; en d'autres termes, tant qu'il restera une goutte d'eau dans le vase, toute l'énergie sera employée à transformer l'eau en vapeur.

CIRRUS, CIRRO-CUMULUS, CIRRO-STRATUS ET CUMULO-NIMBUS.

(*Cliché Quénisset.*)

Vous comprenez maintenant que pareil travail ne se traduise plus sur le thermomètre et c'est pourquoi les physiciens lui ont donné le nom de *chaleur latente*, c'est-à-dire cachée.

Or, savez-vous quel est le montant de la dépense ainsi effectuée? Plus grand probablement que vous ne l'aviez supposé.

Pour faire vaporiser un litre d'eau bouillante, il faut dépenser 537 calories; autrement dit, avec la même chaleur, vous auriez pu faire bouillir près de 5 litres et demi d'eau prise à zéro degré.

Or, ce phénomène de l'évaporation, c'est-à-dire de la transformation de l'eau liquide en vapeur, existe à toutes les températures, aussi bien à la surface des neiges dans les régions polaires ou sur les cimes des Alpes que sur les mers des contrées tropicales

Evidemment, le Soleil favorise cette action, mais partout et toujours dans l'évaporation la molécule emprunte aux corps avoisinants la chaleur nécessaire à sa mise en liberté.

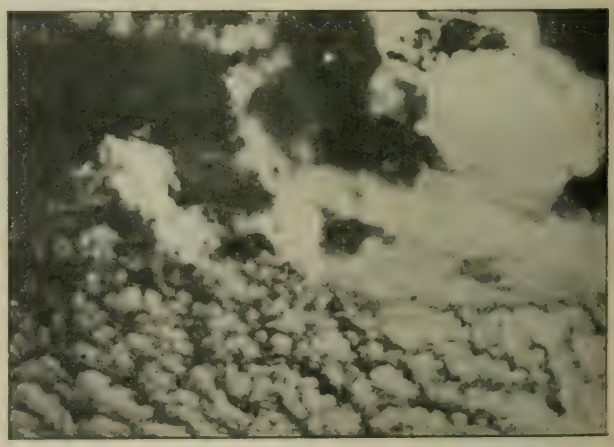
Voici au surplus deux expériences bien propres à mettre ce principe en évidence.

Plongez un thermomètre dans l'alcool ou l'éther, retirez-le et soufflez sur le réservoir, immédiatement la colonne baissera.

Au plus fort de l'été, voulez-vous avoir de l'eau fraîche, entourez une carafe d'un linge mouillé et laissez-la au soleil. Comme précédemment, l'évaporation produira un froid sensible.

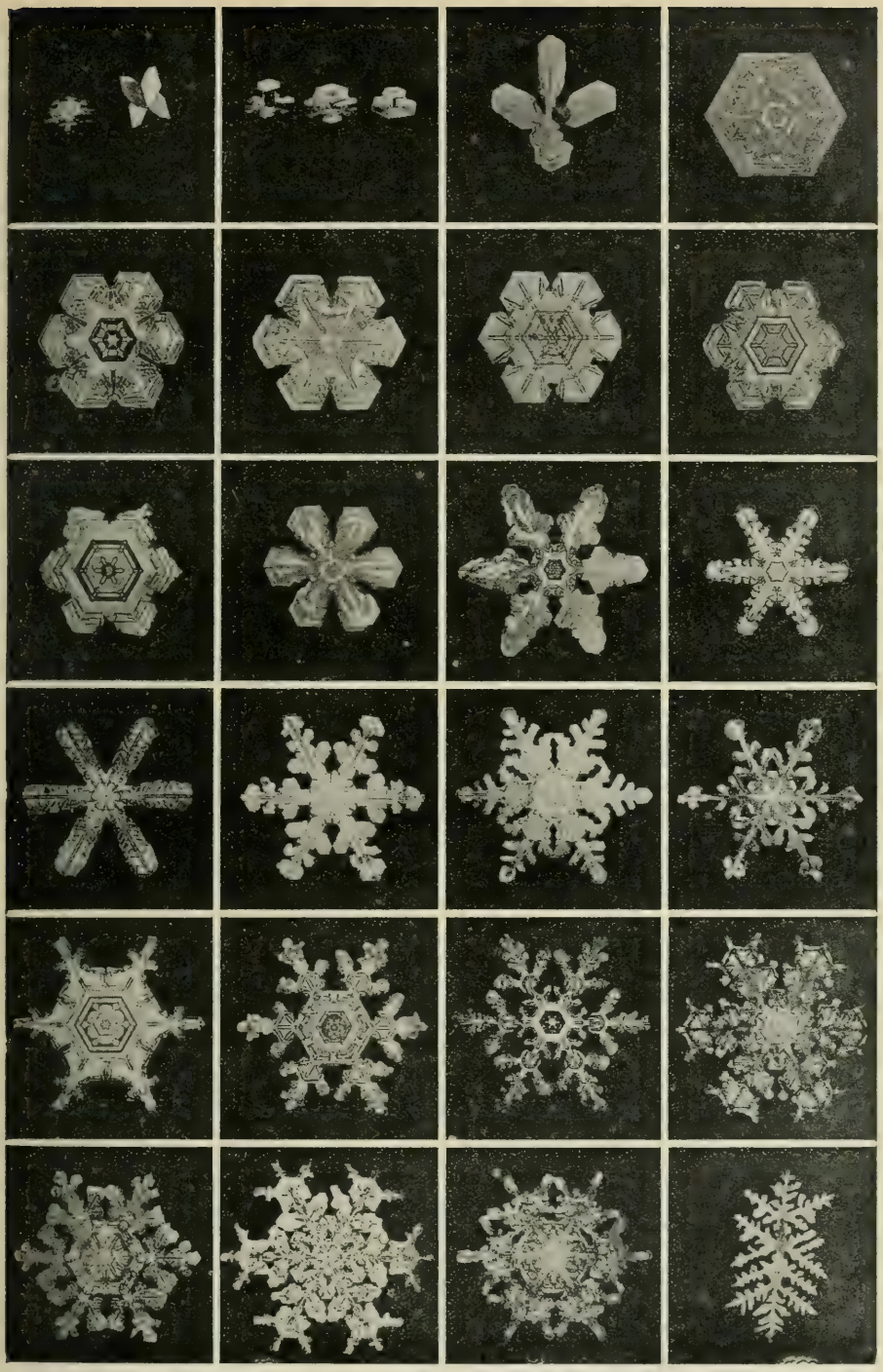
Ainsi, lorsque vous verrez l'eau de la mer former des nuages que les courants aériens transporteront dans nos régions, dites-vous bien que de véritables véhicules de chaleur passent au-dessus de vos têtes.

Un mètre cube d'eau réduite en vapeur emmagasine autant de chaleur qu'il en faudrait pour élever de 30 degrés la température de 100 mètres cubes d'air.



CIRRO-CUMULUS, CUMULUS ET CUMULO-NIMBUS.

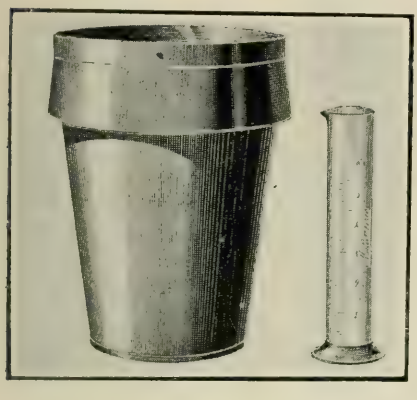
(*Cliché Quénisset.*)



Vus au microscope, les cristaux de neige présentent les formes les plus variées et les plus élégantes, mais sont tous bâtis sur le type d'un polygone régulier à 6 côtés.

Et voilà pourquoi le climat est relativement doux dans les contrées où règnent des vents humides

Toutes les régions de l'Europe occidentale bénéficient de ces effets bienfaisants.



LE PLUVIOMÈTRE

est un simple seau surmonté d'un entonnoir à bords tranchants Une éprouvette graduée sert à apprécier la hauteur, en millimètres, de l'eau tombée. (*Modèle Tonnelot.*)

La vapeur d'eau n'est donc au fond qu'un véritable accumulateur, c'est de la chaleur en bouteille; en repassant à l'état liquide, cette vapeur cède, en effet, aux corps environnants, à l'air en particulier, sa grande chaleur de vaporisation.

C'est cette propriété extrêmement intéressante que nous utilisons dans nos calorifères à vapeur, pour le chauffage instantané des bains, thermo-siphons, etc.

Dans tous ces cas, la vapeur, en revenant par la condensation à l'état liquide, cède la chaleur emmagasinée lors de sa vaporisation.

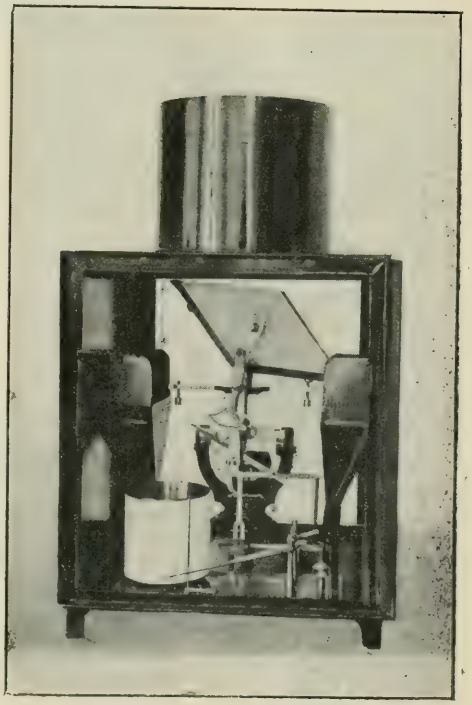
Quelques chiffres vous montreront mieux encore les avantages d'une telle méthode.

Vous avez dans une baignoire 150 litres d'eau que vous désirez amener à la température d'un bain normal; au lieu de chauffer l'eau contenue dans votre baignoire, il vous suffira d'introduire 6 ou 7 kilogrammes de vapeur d'eau à 100 degrés.

D'une façon générale et plus précise, 100 kilogrammes de vapeur d'eau à 100 degrés, condensés dans 537 litres d'eau à 0°, fournissent 637 litres d'eau bouillante.

Eh bien, ces résultats remarquables, nous les retrouvons dans l'atmosphère lorsque la vapeur d'eau se résout en pluie; il y a là un phénomène naturel aussi ancien que le monde, mais l'homme a mis bien longtemps à en découvrir le mécanisme et à imiter la nature.

La présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère a une autre conséquence non moins intéressante : elle empêche la terre de se refroidir. Lorsque le Soleil n'est plus là pour l'échauffer, on peut constater qu'un couche d'air humide, ayant quelques mètres seulement d'épaisseur, est aussi efficace sous ce rapport que l'enveloppe atmosphérique toute entière à l'état sec.



Par d'ingénieux mécanismes on est parvenu à enregistrer automatiquement la quantité d'eau qui tombe chaque jour. (*Modèle Richard.*)

— Et maintenant, pouvons-nous avoir une idée de la quantité de chaleur fournie par la vapeur d'eau sur la terre?

— Oui, très certainement : c'est même un problème que nous pouvons résoudre ensemble, et qui au surplus, n'offre pas de grandes difficultés.

D'après des expériences assez précises, l'évaporation enlève chaque année aux mers tropicales, une couche d'eau de 5 mètres d'épaisseur. Il est vrai qu'une partie de cette eau retombe sur place et se résout en pluie dont la hauteur annuelle est de 2 mètres en moyenne.

Tout compte fait, l'évaporation enlève donc une couche d'eau de 3 mètres de hauteur sur une surface qu'on peut évaluer à 240 millions de kilomètres carrés, soit au total un volume d'eau équivalent à 720 000 kilomètres cubes. C'est cette masse énorme que le Soleil vaporise actuellement et que les courants aériens distribuent dans toutes les régions du globe; et un simple calcul de Physique nous montre que la quantité de chaleur emmagasinée dans un tel volume d'eau, serait capable de fair fondre un bloc de fer de 400 000 kilomètres cubes; c'est tout simplement fantastique.

La quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, est d'ailleurs éminemment variable suivant les circonstances et les vents qui la transportent. Selon sa température, un courant aérien ne peut en charrier qu'un poids délimité.

L'allongement d'un cheveu dégraissé et tendu par un poids peut indiquer le degré d'humidité de l'air.

(*Hygromètre de Tonnelot.*)

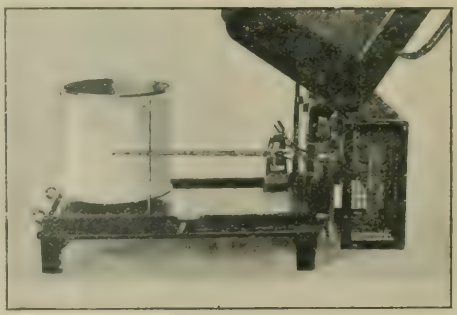
L'eau en vapeur se loge, en effet, entre les molécules de l'air, absolument comme les particules d'un sel viennent combler les interstices laissés vides dans l'eau qui dissout cette substance; dès que les vides sont remplis, l'eau ne dissout plus rien, l'éponge est pleine, et le sel tombe au fond du vase. La solution est alors *saturée*. En augmentant la température du liquide, le point de saturation change généralement.

De même, un mètre cube d'air peut se saturer de vapeur d'eau et la quantité de cette dernière varie avec la température; alors qu'à 50 degrés notre mètre cube en absorbe facilement 80 grammes, il en contiendra 10 grammes à peine, si nous le refroidissons jusqu'à 11 degrés, et les 70 grammes restants se verront obligés de passer à l'état liquide.

Voilà pourquoi un air humide ne fournit pas nécessairement une précipitation aqueuse en un endroit donné.

Pour qu'un courant chaud nous donne la pluie, il faut un refroidissement de la température, la rencontre avec un courant froid, par exemple.

Et c'est la raison pour laquelle les météorologistes attachent une grande importance et à la mesure de l'humidité de l'atmosphère et à



La variation de longueur d'un faisceau de cheveux peut être enregistrée sur un tambour mû par un mouvement d'horlogerie. (*Modèle Richard.*)

PLUVIOMÈTRE
mis en place pour l'observation.
Modèle du Bureau central.)

l'étude des courants aériens.

Le degré d'humidité nous est habituellement fourni par des instruments dont le plus simple est l'*hygromètre* (1) inventé par de Caussure.

Ce physicien avait remarqué que certaines substances ont la propriété d'absorber plus ou moins l'humidité contenue dans l'air.

Tout le monde sait que les cordes à violon fabriquées avec des boyaux de chat présentent des phénomènes de torsion qui peuvent amener leur rupture. Cette torsion était même employée autrefois par certains fabricants dans la construction de petits instruments qui prétendaient annoncer la pluie alors qu'ils ne décelaient en fait que l'humidité. Tel est le cas du capucin qui, à certains jours, se couvrait la tête d'un large capuchon. Les crins de cheval et les cheveux sont aussi des substances extrêmement hygrométriques et de Saussure a utilisé cette propriété pour évaluer le degré d'humidité de l'atmosphère.

Fixons l'extrémité d'un long cheveu à un cadre, tandis que l'autre viendra s'enrouler sur une petite poulie. Si le cheveu est constamment tendu au moyen d'un poids, son allongement se traduira par le mouvement de la poulie qu'une longue aiguille pourra amplifier.

Or, un cheveu de 25 centimètres peut, par les temps humides, s'il est bien dégraissé à l'éther, manifester un allongement de 5 millimètres; le phénomène est donc nettement perceptible. On peut même, en prenant un faisceau de cheveux, construire un instrument tout à fait exact, très résistant et susceptible de devenir un appareil enregistreur.

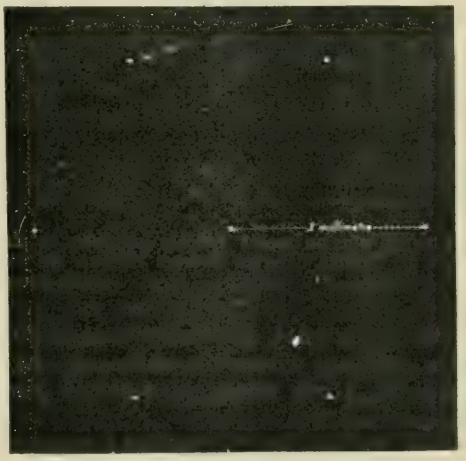
Les ballons-sondes emportent toujours des instruments de ce genre; grâce à eux, nous sommes assez bien renseignés à l'heure actuelle sur l'humidité des couches supérieures.

Règle générale, à mesure qu'on s'élève, l'humidité diminue. Vers 7 000 mètres, elle est déjà dix fois moins forte qu'au niveau du sol.

Toutes ces notions étaient nécessaires pour comprendre le mécanisme de la formation des pluies que nous allons maintenant étudier.

Lorsque l'eau réduite en vapeur s'élève dans l'atmosphère et rencontre une couche d'air plus froide, la condensation n'amène pas toujours de la pluie; il se produit souvent un brouillard, c'est-à-dire une sorte de voile plus ou moins opaque, dans lequel la vapeur d'eau se condense en fines gouttelettes.

Dès ce moment, l'eau a une tendance à tomber, et les gouttelettes du brouillard



Cette figure indique le rapport qui existe entre la grosseur des gouttelettes de brouillard et leur éloignement (grossissement = 26 fois).

(1) Hygromètre, de: *Hygros*, humide et *metron*, mesure.

Les teintes plus ou moins foncées indiquent la plus ou moins grande quantité de pluie qui tombe chaque année en France, dans les diverses régions. On peut voir qu'en général il pleut moins dans le bassin de Paris que partout ailleurs.

tombent, en effet, mais elles sont si petites que leur vitesse de chute est insignifiante. Nous allons le montrer par quelques chiffres.

Un mètre cube de brouillard contient environ 500 millions de gouttelettes liquides dont le poids total n'excède pas 2 grammes, le reste de l'eau contenue dans le volume considéré subsistant à l'état de vapeur.

Chaque gouttelette peut donc être représentée par une petite boule de 2 centièmes de millimètre de diamètre; son poids n'atteint guère que 4 *dix milliardièmes de gramme!* (*Voir figure* p. 75.)

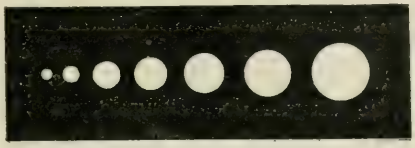
Dans ces conditions, on peut calculer

DISTRIBUTION DE LA PLUIE SUR LA TERRE

La quantité de pluie qui tombe chaque année se répartit d'une façon assez irrégulière sur l'ensemble du Globe.

qu'en une seconde une si faible masse obéissant à la seule loi de la pesanteur, ne parcourt pas plus de 13 millimètres; il suffit donc du moindre courant d'air pour empêcher la chute, l'emporter au loin ou même la soulever à de grandes hauteurs au-dessus du niveau des mers.

Les physiciens d'autrefois qui ne connaissaient pas ces chiffres, avaient souvent discuté ce problème sans en entrevoir la solution et on admettait couramment à la suite de Fresnel que ces fines gouttelettes ressemblaient à de petites bulles de savon gonflées d'air chaud : c'étaient des milliers d'aérostats lilliputiens volant vers les nuages.



Représentation en vraie grandeur des différentes gouttes de pluie. Les plus grosses sont formées par les pluies d'orage.

Les expériences modernes ont détruit cette gracieuse fiction et remis les choses au point. D'ailleurs on réussit parfaitement à congeler le brouillard et jamais les gouttelettes ne montrent une cavité dans leur intérieur, lorsqu'on les examine au microscope.

On constate aussi que chaque gouttelette est séparée de sa voisine par un intervalle relativement grand, puisque dans bien des cas il dépasse un millimètre.

Ces minuscules gouttes d'eau viennent-elles à se rassembler, elles peuvent mouiller les objets et devenir assez grosses pour former la *bruine*.

La moindre poussière suffit d'ailleurs à exagérer encore cette sorte de condensation. Et la preuve en est dans les brouillards qui se forment au-dessus des grandes villes comme Paris ou Londres. Toutes les particules de suie groupent autour d'elles les gouttelettes qui dissolvent, en tombant, les gaz acides répandus dans l'atmosphère et cette circonstance explique à merveille l'aspect mortuaire des monuments : grandes surfaces noires avec des filets blancs marquant les sculptures, les reliefs et les arêtes.

Le phénomène de la bruine se présente quotidiennement sur les montagnes : c'est le pire ennemi des touristes. N'est-ce pas lui, en effet, qui enlève aux excursions leur charme et leur pittoresque, qui dérobe à nos regards les magnifiques paysages alpestres, les merveilleux couchers de soleil et la perspective des hautes cimes.

Mais pour le peintre resté en bas dans la vallée, pour le poète qui rêve, pour l'amant de la nature qui analyse ses moindres gestes le brouillard, c'est le nuage aux formes capricieuses, aux nuances variées à l'infini, aux métamorphoses insaisissables, aux aspects toujours changeants.

Pour le météorologiste, le nuage de pluie se traduit par de larges surfaces foncées, vapeurs sombres aux bords souvent déchiquetés et qui ont reçu l'appellation particulière de *nimbus*. Il n'est pas rare, cependant, de voir les nimbus associés à des formes mieux définies; les *cumulus*, qui rappellent les tourbillons de fumée lancés par nos locomotives. Ce sont ces nuages que les marins comparent à de grosses balles de coton entassées les unes sur les autres.

Dès que le soleil baisse à l'horizon, les cumulus et les *cumulo-nimbus* se frangent d'or et d'argent, minces liserés qui prennent bientôt les couleurs écarlates des ciels du couchant.

Les nimbus sont des nuages peu élevés, tout au moins à leur base, car ils se disposent souvent sur des épaisseurs considérables, surtout lorsqu'ils sont associés à des cumulus. Un cumulo-nimbus dont la base est à 1 000 ou 1 200 mètres au-dessus du sol, peut avoir son sommet 5 ou 6 kilomètres plus haut.

C'est même cette épaisseur variable qui, d'après certains météorologistes, réglerait la grosseur des gouttes de pluie. Celles-ci ont, en effet, des dimensions différentes, suivant les circonstances, mais toujours la chute de la pluie provient de

ce que les gouttelettes de brouillard se réunissent à un moment donné.

Généralement les gouttes de pluie ont un diamètre compris entre 1 et 3 millimètres ; elles peuvent atteindre jusqu'à 5, 6 et 7 millimètres dans les pluies d'orage.

Pour mesurer l'intensité de la pluie, on recueille cette dernière dans des pluviomètres, sorte de cuvettes à bords bien déterminés et présentant un entonnoir afin d'empêcher tout rejaillissement des gouttes une fois tombées ; le volume de l'eau recueillie dans une éprouvette graduée donne, au moyen d'une division par la surface, la hauteur qu'on évalue habituellement en millimètres.

Les pluviomètres français les plus répandus ont une surface très exacte de 400 centimètres carrés; la cuvette est circulaire et offre un rayon de 113 millimètres.

Un relevé des pluies fait avec cet instrument très simple et qu'on place à un mètre au-dessus du sol, donne des renseignements extrêmement curieux sur l'intensité et la variation du phénomène de la condensation pluvieuse. On constate en particulier que la hauteur de la pluie varie suivant les mois, les années, les pays considérés, le relief du sol, etc.

En France, la moyenne est de 800 millimètres par an, sur les côtes de l'Atlantique. La région de Paris est une des moins pluvieuses et les maxima se répartissent sur les Vosges, le Jura, le Massif central, les Pyrénées. Mais à mesure qu'on avance dans l'intérieur du continent Europe et Asie, les pluies subissent une diminution notable : 600 millimètres en Allemagne, 400 en Russie, 200 dans l'Asie centrale.

Certains pays asiatiques offrent cependant des chutes de pluie considérables : on a noté au fond du golfe du Bengale, à 1 200 mètres d'altitude, dans les monts Khassia, une hauteur de près de 13 mètres de pluie, comme moyenne annuelle des 25 dernières années, et nous nous plaignons lorsqu'il tombe dans nos contrées un mètre d'eau par an !

A côté de ces maxima fantastiques, nous trouvons des chiffres extrêmement bas. Il ne tombe que 34 millimètres de pluie au Caire, 25 à Suez, 8 millimètres seulement à Copiapo, dans l'Amérique du Sud, entre le Pérou et le Chili.

Dans notre volume sur le Soleil, nous étudierons ces variations climatériques en rapport avec les différentes années et nous verrons que là encore la Météorologie est tributaire de cet immense foyer dont l'activité règle tous les phénomènes généraux de cette mince pellicule aérienne au sein de laquelle se débat l'humanité.

Une trombe observée en aout 1910, au Crotoy (Somme).

CHAPITRE VIII

Cyclones, trombes et tempêtes.

Il n'est pas du tout nécessaire de faire une ascension pour assister parfois à des baisses considérables du baromètre. Quelle est la signification de ce phénomène; l'épaisseur de la couche atmosphérique diminuerait-elle par endroits?

Il est bien évident qu'une telle hypothèse est tout à fait inadmissible, un vide dans l'océan aérien serait comblé immédiatement par l'air environnant.

Il faut donc chercher une autre explication, et trouver une cause qui tende à délester le mercure et à agir en sens inverse de la pesanteur.

Une aspiration de l'air au-dessus du baromètre produirait le résultat cherché et c'est bien, en effet, ce qui se passe, ou à peu près, dans certaines circonstances.

Imaginons un courant d'air, un vent plus ou moins violent : suivant qu'il montera ou qu'il descendra, la pression exercée sera tout à fait variable.

Mais un tel effet est toujours produit par une différence de densité des couches d'air et c'est encore la chaleur qui finalement « fait les frais » du phénomène.

Dans les régions équatoriales, les fluctuations du baromètre sont tellement liées à l'apparition du Soleil et à sa marche que l'appareil peut servir d'horloge.

Mais, alors qu'en la circonstance les oscillations sont toujours très faibles (3 millimètres environ), celles-ci deviennent tout à fait marquées dans les contrées plus voisines des pôles, là où les vents acquièrent de grandes vitesses.

Ce phénomène a lieu aussi quelquefois dans la région des calmes et presque tous les météorologistes s'accordent pour en attribuer la cause à l'échauffement lo-

cal d'une couche d'air saturée de vapeur d'eau.

Imaginons, en effet, une large surface

En vertu de la rotation de la Terre, les cyclones de l'hémisphère Sud tournent dans le sens des aiguilles d'une montre.

humide chauffée par les rayons solaires. Immédiatement l'équilibre sera rompu; nous avons vu qu'un courant ascendant transportera l'air devenu plus léger dans les régions supérieures plus froides où la vapeur se condensera. Mais cette condensation ne peut avoir lieu sans que la vapeur rende sa chaleur latente à l'air environnant qu'elle échauffera encore; et ainsi apparaîtront de nouvelles conditions pour la continuation de la marche ascendante de la colonne chaude.

De tous les points de l'horizon, au niveau du sol, accourront des masses d'air qui se précipiteront à leur tour dans cette cheminée d'appel et délesteront les baromètres situés dans la région. C'est pourquoi l'ensemble du phénomène caractérisé par cette baisse de la colonne mercurielle, a été appelé assez improprement d'ailleurs, *dépression atmosphérique*.

A s'en tenir à un examen superficiel du phénomène, on pourrait croire que les vents doivent comme des rayons converger vers les centres de dépression ; en fait cependant, les choses ne se passent pas ainsi.

Le calcul montre qu'en vertu de la rotation de la terre, la direction de ces vents gagnant le centre s'oriente suivant des mouvements en forme de spirales, et le phénomène n'est pas sans analogie avec celui qui se passe dans les rivières où des filets d'eau animés de vitesses différentes, donnent naissance à un tourbillon.

Cette influence de la rotation terrestre est si marquée que toutes les dépressions atmosphériques tournent dans le sens des aiguilles d'une montre, dans l'hémisphère sud et dans un sens contraire lorsqu'elles ont lieu dans nos régions boréales, conformément à la théorie mathématique du phénomène.

Enfin pour peu que les impulsions de la masse centrale ne se contrebalancent pas d'une façon rigoureuse, tout le tourbillon aérien sera animé d'une vitesse de translation bien déterminée.

Telle est l'origine de ces grands mouvements cycloniques qui prennent naissance vers les calmes tropicaux et gagnent peu à peu les latitudes plus élevées.

Une région atmosphérique soumise à cette influence peut être en général représentée par un disque plat dont le diamètre atteint souvent 300 kilomètres, alors que la hauteur excède rarement 1 000 mètres.

Le mouvement contraire à lieu dans nos régions boréales.

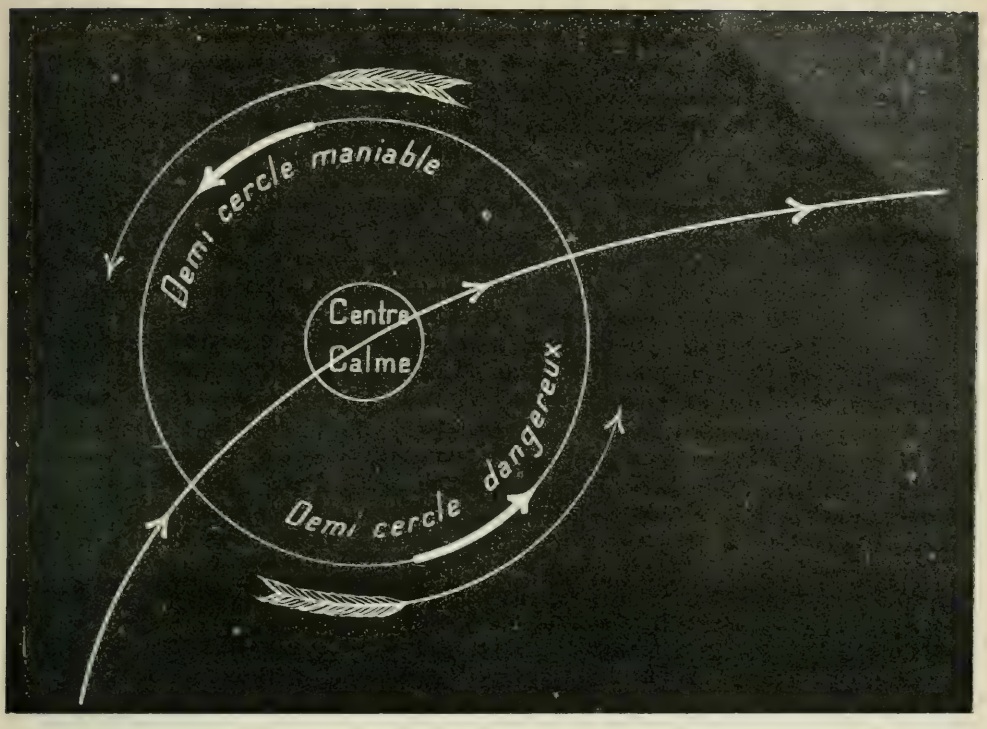
(*Voir la figure précédente.*)

UNE TEMPÊTE (LA MORT DE VIRGINIE).

Musée de l'Ermitage à Saint-Pétersbourg.

(Cliché Giraudon.)

Tableau de Claude Joseph Vernet.



Outre leur mouvement tournant les cyclones ont une vitesse de translation. Cette dernière, suivant que l'on considère la droite ou la gauche du cyclone s'ajoute ou se retranche à la vitesse de rotation et crée ainsi un bord dangereux et un bord maniable.

Le vent y augmente d'intensité de la périphérie jusque vers le centre où il atteint souvent la vitesse de 50 mètres à la seconde.

Mais, au centre même, dans un cercle de 30 à 40 kilomètres de diamètre règne un calme caractéristique bien connu des navigateurs.

Un vaisseau abordé par un cyclone doit donc à tout prix s'éloigner de la zone dangereuse. S'il gagnait le calme central, sa position serait de courte durée, puisque, en vertu de la translation du cyclone, il serait vite atteint par les vents violents qui règnent sur le pourtour.

Buys-Ballot et d'autres météorologistes, ont donné une façon très simple de reconnaître la route que doit suivre un navire ainsi menacé.

Si vous vous trouvez dans l'hémisphère boréal, *faites face au vent, le centre du cyclone est alors à votre droite;* voulez-vous éviter le centre et gagner la périphérie? il faut fuir sur la gauche.

Telle est la première règle à suivre; l'examen de la marche du cyclone va nous en fournir une seconde.

Nous avons vu que toute dépression est animée, non seulement d'un mouvement de rotation sur elle-même, mais encore d'une vitesse de translation dans une direction bien déterminée, absolument comme une toupie qui se déplace en tournant autour de son axe.

Considérons un tourbillon atmosphérique marchant à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, avec un mouvement de rotation, en un point éloigné du centre, de 130 kilomètres dans le même temps. Si le point de la circonférence est pris au nord du centre, pour obtenir la vitesse réelle, il faudra diminuer la vitesse théo-

rique du mouvement de translation, et nous aurons : 130 - 40 = 90 kilomètres.

Cette photographie prise en Amérique, donne une idée de la violence des cyclones qui enlèvent des toitures et éventrent les habitations.

Dans le sud, au contraire, les deux vitesses s'ajouteront et nous aurons pour un point : 130+40=170 kilomètres; un navire a donc tout intérêt à se porter du *côté maniable* du cyclone, comme disent les marins, afin d'éviter son *bord dangereux*.

Dans l'hémisphère austral le demi-cercle dangereux se trouve placé inversement, ainsi qu'on l'a constaté bien des fois. On peut, d'ailleurs, se rendre compte de toutes ces circonstances par les descriptions de ces phénomènes redoutables que nous en ont laissées de nombreux témoins.

Le 17 décembre 1847, la frégate la *Belle-Poule* se trouva par le travers de l'île de la Réunion, engagée dans un cyclone terrible.

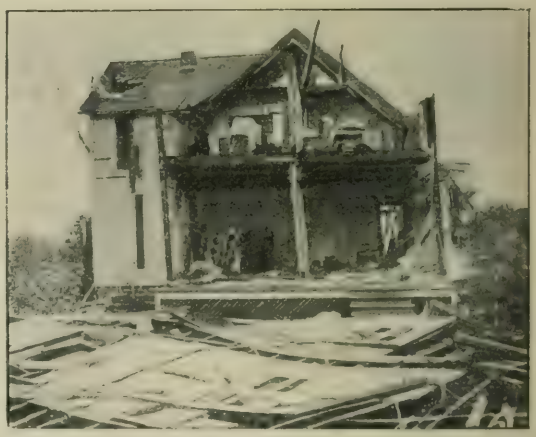
« La brise soufflait du Sud-Est; la mer était houleuse. Vers le soir, le baromètre descendit brusquement au-dessous des dernières limites marquées sur son échelle. Les vents, en fraîchissant, s'inclinèrent au sud, ils forcèrent progressivement et finirent par se déchaîner avec une irrésistible violence.

A minuit, malgré les plus énergiques efforts, la frégate désemparée, sans gouvernail, sans voiles, se couchait sur bâbord, avec sa mâture en lambeaux, et son pont balayé par une mer furieuse.

Ce ne fut que deux heures après que nous atteignîmes le centre du cyclone. Un calme subit succéda à la première crise de cette convulsion atmosphérique ; mais il fut de courte durée. Les vents qui nous avaient abandonnés au Sud reparurent à l'Ouest et au Nord avec la rapidité de la foudre. Nous entrions dans le deuxième segment du cercle d'ouragan. Pris par la gauche cette fois, notre bâtiment s'inclina de nouveau, ne pouvant résister à l'énorme pression qui le tenait couché sur le côté.

Les vents avaient donc suivi la marche indiquée par les météorologistes pour les ouragans de l'hémisphère austral.

Cette tempête fut marquée par un épisode étrange et lugubre, par une de ces scènes à la fois fantastiques et navrantes, que l'implacable océan réserve, comme une ironie suprême aux infor-

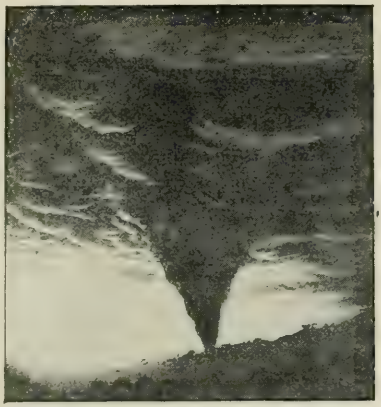


Le centre du cyclone joue quelquefois le rôle d'aspirateur et les maisons éclatent.

tunés qu'il a plongés dans le deuil.

La corvette *Le-Berceau*, qui voyageait de conserve avec la *Belle-Poule*, avait dis-

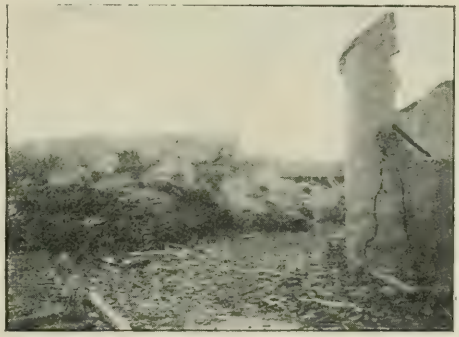
paru dans la tourmente. Echappés au danger et parvenus à gagner avec une mâture de fortune le lieu du rendez-vous, fixé à Sainte-Marie-de-Madagascar, les marins de la *Belle-Poule* fouillèrent en vain toutes les criques et les sinuosités du rivage; en vain chaque jour ils interrogeaient de toutes parts l'horizon, dans l'espoir que la corvette, seulement emportée hors de sa route par la tempête, reviendrait au port.



Tornade observée le 17 mai 1898 à Waynska (Amérique).

Un mois s'était écoulé dans une profonde anxiété, et déjà l'attente avait fait place aux plus douloureux regrets, lorsqu'un matin la vigie signala, à l'Ouest, un navire désemparé dérivant vers la terre.

Ce n'était point un rêve. Le soleil était resplendissant, le ciel limpide et pur. L'air échauffé vibrait à l'horizon. Toutes les longues vues, braquées dans cette direction, ne firent que confirmer la réalité de cette première nouvelle. Mais l'émotion devait bientôt devenir plus poignante. Ce n'était plus un navire en dérive qui nous apparaissait, c'était un radeau chargé d'hommes et remorqué par des embarcations sur lesquelles flottaient des signaux de détresse. Les images, d'ailleurs, étaient nettes et arrêtées; les lignes se dessinaient parfaitement distinctes.



Effets d'un cyclone à Cravant (Loiret).

(4 juillet 1905). (*Photographie de M. Luzet.*)

A bord de la frégate, officiers, commandants, matelots, tous, pendant plusieurs heures, sous le coup d'une hallucination fiévreuse, purent suivre de leurs propres yeux les détails de cette indescriptible scène de mer. L'amiral Desfossés, commandant alors la station de l'Inde, fit appareiller à la hâte le premier steamer qui se trouvait sur rade, pour voler au secours de ces débris vivants que l'océan semblait nous renvoyer du fond de ses abîmes.

Le jour commençait à baisser; la nuit, comme sous les tropiques, tombait déjà sans crépuscule, quand l'*Archimède* arriva au but de sa mission. Il stoppa au milieu des épaves flottantes, et mit ses canots à la mer. Tout autour il continuait à voir des masses d'hommes s'agiter, tendre les mains au ciel; on entendait déjà le bruit sourd et confus d'un grand nombre de voix mêlées aux battements des avirons dans l'eau. Encore quelques secondes, et nous allions serrer dans nos bras des frères arrachés à une mort certaine...

« Illusions des nuits, vous jouiez-vous de nous? »

Nos canots s'enfoncèrent dans les épaisses branches des grands arbres arrachés à la côte voisine, et entraînés avec tout leur feuillage dans les contre-courants qui remontent au Nord.

Ainsi s'évanouit cette étrange vision. Ainsi se dissipa la dernière espérance qu'un mirage trompeur avait, pour ainsi dire, évoquée du fond de l'océan. Ainsi sombra de nouveau, sous nos yeux, l'infortuné *Berceau* avec les trois cents

victimes englouties dans ses flancs! »

Tout l'équipage avait été trompé, en effet, par un phénomène de mirage, et tous avaient été victimes d'une véritable illusion d'optique.

Les effets des cyclones dépassent tout ce qu'on peut imaginer, et c'est surtout dans les Antilles, les côtes orientales de l'Amérique du Nord, l'océan Indien, les mers de Chine, qu'ils développent toute leur fureur.

Les villes sur leur passage sont souvent renversées, les villages entièrement rasés. On a vu des planches emportées par le vent avec une vitesse telle que plusieurs ont percé des murailles, traversé des troncs d'arbres; des meubles transportés d'une île dans une autre, à une distance de 80 kilomètres; les vagues lancées à l'assaut des falaises, modifier en un clin d'œil l'aspect des côtes; la mer démontée envahir d'immenses régions, transportant les navires à une grande distance sur les terres où elle les abandonnait en se retirant.

Photographie d'une tornade à Kirksville (27 Avril 1899)

Certains cyclones sont restés célèbres dans l'histoire, celui du 10 octobre 1780 qui ravagea les Antilles, fit périr 9 000 personnes à la Martinique. A Saint-Pierre, les vagues enlevèrent d'un seul coup 150 habitations construites sur la plage. A Port-Royal, la cathédrale, les églises et 1 400 maisons furent renversées.

Il est impossible, racontent des témoins, de décrire les scènes d'horreur qui eurent lieu à la Barbade.

Dans les Iles-sous-le-vent, l'ouragan déplaça des pièces de canon avec leur affût, et l'une d'elles fut transportée à une distance de 126 mètres.

Le 10 août 1831, la même région, visitée plusieurs fois depuis 1780 par de terribles cyclones, fut de nouveau complètement ravagée.

« Rien, nous dit Reid, ne peut donner une idée de la force destructive du fléau. Pendant toute la durée de l'ouragan, on ne put un seul instant distinguer nettement le bruit du tonnerre.

Le rugissement et les sifflements du vent, les bruits de l'océan, dont les vagues effroyables menaçaient d'engloutir tout ce que l'ouragan laissait debout, le choc des tuiles, la chute des toits et des murs et mille autres bruits confus formaient un fracas horrible, épouvantable.

Ceux qui n'ont pas assisté à de pareilles scènes d'horreur ne peuvent se faire une idée de l'effroi et du découragement qui saisissent l'homme en présence d'une telle rage de destruction.

Le lendemain, dès que le jour parut, on put apercevoir l'étendue des dégâts. Partout l'on ne découvrait que des ruines, des amoncellements informes de matériaux. Toute trace de végétation avait disparu; les quelques arbres restés debout, dépouillés de leurs branches et de leur feuillage, avaient le même aspect qu'en hiver. La terre semblait avoir été parcourue par une immense trombe de feu. »

En avril 1899, au moment du passage d'un ouragan à Kirksville, dans le Missouri, on put voir les portes, les volets et les toitures des habitations enlevés à une hauteur de 90 à 120 mètres. La roue d'une voiture et deux personnes furent transportées à une altitude prodigieuse, une maison tout entière fut soulevée à 30 mètres et là, elle parut éclater en mille morceaux qui s'envolèrent tourbillonnant

au milieu des autres débris. Trois personnes se sont senties emportées par la tempête qui les déposa indemnes sur le sol après un voyage de 400 mètres ; de gros arbres furent également « transplantés » à des distances analogues, cependant qu'un cheval, soulevé par la rafale parcourut trois kilomètres sans mettre pied à terre.

Mais le plus épouvantable cyclone qui ait été observé de mémoire d'homme est celui qui a dévasté les îles voisines du delta du Gange, le 31 octobre 1876.

A partir de onze heures du soir, trois vagues véritables raz de marée, balayèrent successivement une surface de 80 000 hectares, noyant les deux tiers des habitants surpris dans leur premier sommeil. Aucune habitation ne demeura debout, il n'y eut de sauvées que les personnes qui purent se réfugier sur quelques arbres.

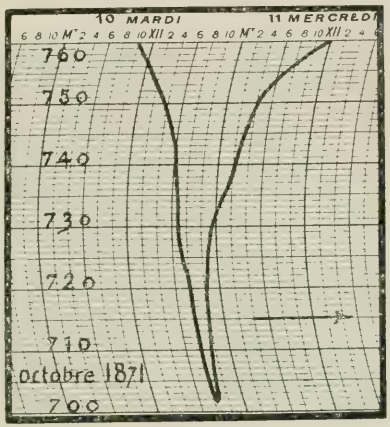
En moins d'une heure 115 000 insulaires périrent ainsi.

Rien n'avait annoncé l'approche du terrible météore.

Les jours suivants, le choléra, développé par les exhalaisons des cadavres, puis la famine, augmentèrent encore dans de fortes proportions les premiers ravages, et d'après les documents les plus modérés, le chiffre des victimes atteignit au moins 250 000.

Enfin il y a un point capital sur lequel insistent presque tous les narrateurs : c'est le tremblement de terre consécutif aux cyclones et aux ouragans violents.

« Les maisons, dit Reid, dans la narration que nous avons reproduite, étaient ébranlées jusque dans leurs fondements et le sol trembla. » Même remarque de la part de Sir Rodney à propos du cyclone de 1780.



Baisse rapide du Baromètre pendant le cyclone de *l'Amazone* aux Antilles. (10 Octobre 1871).

On a essayé, ou de nier ces faits, ou de les attribuer à des causes extra-terrestres, l'explication paraît simple cependant.

La pression atmosphérique, nous le savons, diminue notablement sur le passage d'un cyclone; il se produit donc comme une sorte d'aspiration, un mouvement de succion qui tend à soulever la couche supérieure du sol. Ce mouvement est encore favorisé par les gaz internes qui se précipitent à l'assaut des parois de leur prison.

Cette pression intérieure est facile à calculer, au moins d'une façon approximative.

Dans le cyclone des îles Bahama, en 1866, la pression atmosphérique centrale était de 703 millimètres seulement, alors qu'on constatait 754 millimètres à 460 kilomètres du centre. La pression à l'intérieur était donc de 51 millimètres plus basse qu'à la circonférence.

Un cyclone de 150 kilomètres de rayon avec une diminution moyenne de 30 millimètres nous donnerait pour la force de la poussée tendant à soulever l'écorce du globe une valeur de

Effets d'un cyclone à Cravant (Loiret).

(4 juillet 1905) (*Photographie de M. Luzet.*)

29 000 000 000 000 kilogrammes;

soit 29 trillions de kilogs ou 29 milliards de tonnes.

En supposant un rayon de 50 kilomètres seulement nous aurions encore une diminution de pression de près de 3 milliards de tonnes.

On comprend que dans ces conditions le sol puisse trembler.

Les effets mécaniques des ouragans s'expliquent non moins facilement.

Trombe marine caractérisée par un appendice vermiculaire plongeant dans l'océan.

Prenons l'exemple du cyclone qui a ravagé Cuba en 1844. La vitesse du vent d'après les calculs du Dr Reye était en moyenne de 40 mètres à la seconde à l'intérieur d'un cylindre de 150 kilomètres de rayon.

Si nous nous bornons à considérer le mouvement de ce cylindre sur une hauteur de 100 mètres seulement, nous voyons que le volume déplacé atteint le chiffre formidable de 450 millions de mètres cubes par seconde. Pour faire mouvoir une telle masse il faudrait une machine de près de 500 millions de chevaux-vapeur, et l'ouragan dura trois jours entiers accumulant les ruines sur son passage, depuis Cuba jusqu'à Terre-Neuve.

Cette puissance inimaginable qui transporte ainsi pendant trois jours 500 millions de kilogrammes, est 15 fois supérieure à celle que pourraient développer dans le même espace de temps toutes les machines dont dispose l'industrie humaine : moteurs à vapeur, turbines, locomotives, roues hydrauliques, moulins à vent, moteurs à gaz, toutes les forces dont sont capables les hommes et les animaux du monde entier.

Ces nombres seuls peuvent nous aider à accepter des récits comme ceux qu'on vient de lire et que nous retrouvons quotidiennement dans les relations de ces météores destructeurs.

Faut-il rattacher aux cyclones des phénomènes qui présentent avec eux plus d'une analogie? Nous voulons parler des trombes marines qui sur la terre prennent le nom de tornades.

La trombe marine est signalée la plupart du temps par un nuage noir terminé par une sorte d'appendice rappelant dans l'ensemble un véritable entonnoir.

Souvent, l'extrémité inférieure plonge dans la mer dont l'eau semble violemment aspirée.

Dans bien des cas, le tout se déplace avec une grande vitesse en tournoyant et mène un bruit de ferrailles plus effrayant que dangereux.

Les phénomènes électriques accompagnant les trombes nous feraient croire que leur origine, encore très discutée, se rattache au mécanisme de la formation des orages.

M. Weyher est parvenu, au moyen d'appareils très ingénieux, à reproduire les trombes avec toutes leurs apparences, mais rien ne prouve encore que nous sommes en présence de la véritable expli-

Dans nos contrées, les ouragans violents sont quelquefois accompagnés de véritables trombes dont les effets destructeurs rappellent de loin les grands cyclones des Antilles; sur le passage de la trombe le baromètre baisse brusquement, il se produit donc en cet endroit, un véritable vide comme dans une immense machine pneumatique. Les pavés sont soulevés du sol, les portes des maisons projetées à l'extérieur, du côté du passage de la tempête; on a même vu des habitations éclater littéralement lorsque les murailles n'étaient pas suffisantes pour résister à la brusque poussée de l'air, des tonneaux se rompre du dedans au dehors, des objets divers, du linge placé sur une table dans un appartement, s'engouffrer dans une cheminée, aspiré pour ainsi dire par une sorte de véritable suçoir.

Les tornades affectent quelquefois la forme des trombes marines.

(*Photog. prise à Stattford en Amérique.*)

Aux Etats-Unis, où ces météores sont fréquents, ils sont connus sous le nom de *tornados ;* leur largeur ne dépasse guère quelques centaines de mètres près du sol, mais leur hauteur est variable!

Partout où ils passent, ils commettent des ravages incroyables. Rien ne résiste à leur violence. Les maisons sont détruites; les forêts rasées sur leur parcours, les plantes arrachées. Les tornades rappellent même souvent les trombes marines par leur aspect conique dont l'appendice vermiculaire ressemble à la trompe d'un éléphant gigantesque « lorsque cet animal, dit Pelletier, presse la terre pour saisir un petit objet ».

Suivant bon nombre de météorologistes il n'y aurait donc qu'une différence de degrés, pour ainsi dire, entre les cyclones, les bourrasques, les violentes tempêtes en Europe, les trombes et les tornados. Mais dans ces dernières, en raison de leurs dimensions restreintes, nous verrions apparaître souvent des phénomènes accessoires dont l'étude relèverait des manifestations de l'électricité atmosphérique.

Que de mystères encore dans le domaine exploré par la Météorologie, dans cette mince envelopppe gazeuse au milieu de laquelle nous vivons!

Autre forme de trombe marine observée sur la côte américaine.

ÉCLAIR AÉRIEN AVEC COUP DE FOUDRE. (*Cliché de M. Lansiaux.*)

CHAPITRE IX

La Foudre et les Orages.

Le phénomène de la foudre est resté une énigme insoluble jusqu'au jour où Otto de Guérike, bourgmestre de Magdebourg, celui-là même qui inventa la machine pneumatique, montra que l'électricité peut produire des phénomènes lumineux.

Presque à la même époque, le docteur Wall frottant un grand cylindre d'ambre, observa une vive lumière accompagnée d'un bruit caractéristique.

Cette première étincelle électrique, sortie de la main des hommes, devait non seulement expliquer les effets de la foudre, mais donner lieu dans la suite à la création d'une science merveilleuse appelée à transformer le monde.

« Cette lumière et ce craquement, dit Wall, dans son Mémoire inséré aux *Philosophical Transactions* paraissent en quelque façon représenter le tonnerre et l'éclair ».

L'analogie était, en effet, bien frappante et la vive imagination de Wall l'avait saisie immédiatement, mais pour fournir la preuve de cette audacieuse assertion, pour pouvoir assimiler cette expérience de laboratoire à un phénomène de la nature qui, jusqu'à ce moment, avait semé la terreur sur tous les peuples, il fallait faire descendre le feu du ciel jusque sur la terre et de hardis physiciens n'hésitèrent pas un seul instant à réaliser ce projet.

En mai 1752, Dalibard installa dans un jardin de Marly de longues tiges de

fer plantées verticalement, et par des temps orageux, réussit à en tirer des étincelles ; il put même par ce moyen charger une bouteille de Leyde.

Un mois plus tard, l'américain Franklin, déjà connu par ses brillantes découvertes sur l'électricité et le pouvoir des pointes, allait imaginer une expérience autrement concluante.

Il attendait alors pour opérer plus sûrement, l'achèvement de la construction d'un haut clocher que l'on avait édifié à Philadelphie, lorsqu'une idée géniale lui passa par l'esprit.

Comme il ne s'agissait, en somme, que de porter un corps dans la région du tonnerre, c'est-à-dire à une assez grande hauteur dans les airs, Franklin imagina que le cerf-volant, dont s'amusent les enfants, pouvait lui servir aussi bien qu'un clocher, fût-il le plus élevé du monde.

Il prépara donc deux bâtons en croix, un mouchoir de soie, une corde d'une longueur convenable et, profitant du premier orage, il s'en fut dans les champs tenter l'expérience. Une seule personne l'accompagnait, c'était son fils. Craignant le ridicule dont on ne manque pas de couvrir les essais infructueux, comme il le dit avec ingénuité, il n'avait voulu mettre personne dans sa confidence.

Le cerf-volant fut alors lancé. Un nuage qui promettait beaucoup ne donna cependant aucun résultat. Mais bientôt survinrent d'autres nuées orageuses et cette fois, Franklin put tirer de l'extrémité de la corde, des séries d'étincelles.

Pour la première fois, le génie de l'homme se jouait de la foudre, la faisait descendre du ciel et surprenait le secret mystérieux de son existence.

La célèbre expérience fut répétée dans tous les pays savants et partout avec le même succès.

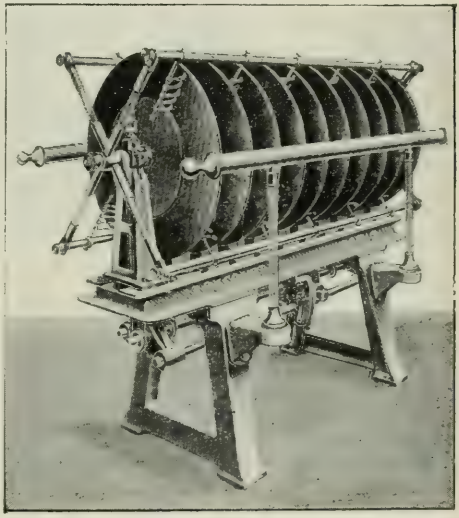
Un magistrat français, de Romas, assesseur au Présidial de Nérac, sans avoir connaissance des travaux de Franklin, avait aussi imaginé de substituer les cerfs-volants aux barres de fer élevées et plus tard (1757) il obtint, au cours d'un orage, des étincelles d'une grandeur surprenante

Le jeu était dangereux et le professeur Richmann, de Saint-Pétersbourg, l'avait appris à ses dépens. Par une distraction déplorable, il avait été foudroyé net au cours d'une de ses imprudentes expériences.

Plus de deux siècles ont passé depuis ces sensationnelles découvertes, des quantités de savants ont étudié le problème sous toutes ses formes et à l'heure actuelle, nous ne sommes guère plus avancés qu'au temps de Franklin.

Par quel mécanisme les nuages se chargent-ils d'électricité ? Quel rôle joue l'évaporation en cette circonstance ?

Le frottement des couches d'air, l'humidité plus ou moins grande des courants aériens, le rassemblement des gouttes d'eau au sein d'un brouillard ou d'un cumulus, contribuent évidemment pour une grande part dans le développement de l'électricité atmosphérique, mais on discute en-



Cette machine électrostatique, la plus puissante qui existe, a été construite par la maison Roycourt de Paris, sur les plans de MM. H. Abraham et P. Villard. Elle se compose de 20 disques en ébonite de 73 centimètres de diamètres, faisant 1 400 tours par minute. Elle donne une étincelle de 0m60 sous 320 000 volts avec un débit de 3 milliampères. Dans l'atmosphère, les étincelles atteignent parfois 13 kilomètres de longueur avec une intensité de 10 000 à 20 000 ampères !

core sur la nature de cette force prodigieuse qui s'attache à tous les corps, les pénètre et les enveloppe comme l'éther; nous ne touchons donc pas encore à la solution du problème!

Quoiqu'il en soit, les faits sont là. Pour les besoins de la cause, on a imaginé l'électricité comme un fluide subtil qui peut, en certaines circonstances, s'accumuler ou se raréfier dans les corps : suivant l'un ou l'autre cas, l'électricité est *positive* ou *négative*.

Tout cela ne ressemble que trop, et nos physiciens en conviennent, au *phlogistique* de Stahl, ou au vieux *calorique* du XVIIIe siècle.

On a cherché, ces dernières années, dans une autre voie, et la solution n'apparaît pas encore.

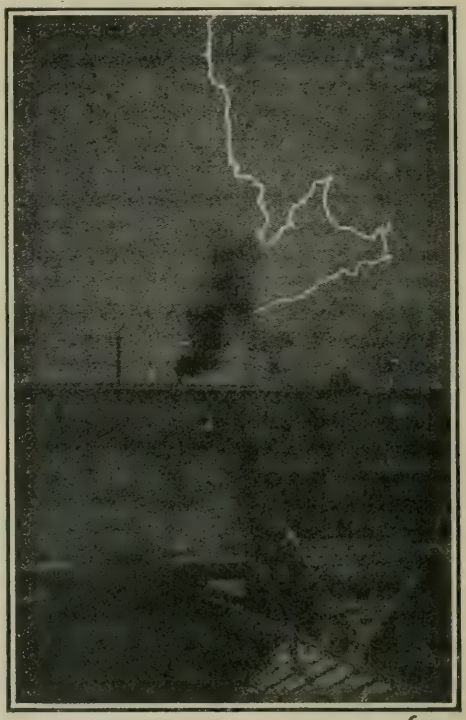
Laissons les savants à leurs théories et revenons à la réalité

Lorsque deux nuages sont chargés différemment d'électricité, l'étincelle peut jaillir entre les deux, ou bien éclater entre les nuages et la terre.

Les effets sont alors analogues à ceux que nous observons sur nos machines statiques, mais dans l'atmosphère les manifestations sont autrement puissantes.

La plus forte machine réalisée par la maison Roycourt sur les plans de MM. Abraham et Villard, donne des étincelles de 60 centimètres; or, dans les orages les éclairs, ces gigantesques étincelles dont le tonnerre n'est que la crépitation au sein de l'air ambiant, sont au moins dix mille fois plus longues; on cite des éclairs mesurés très exactement sur les plaques photographiques et qui atteignent plus de 10 kilomètres!

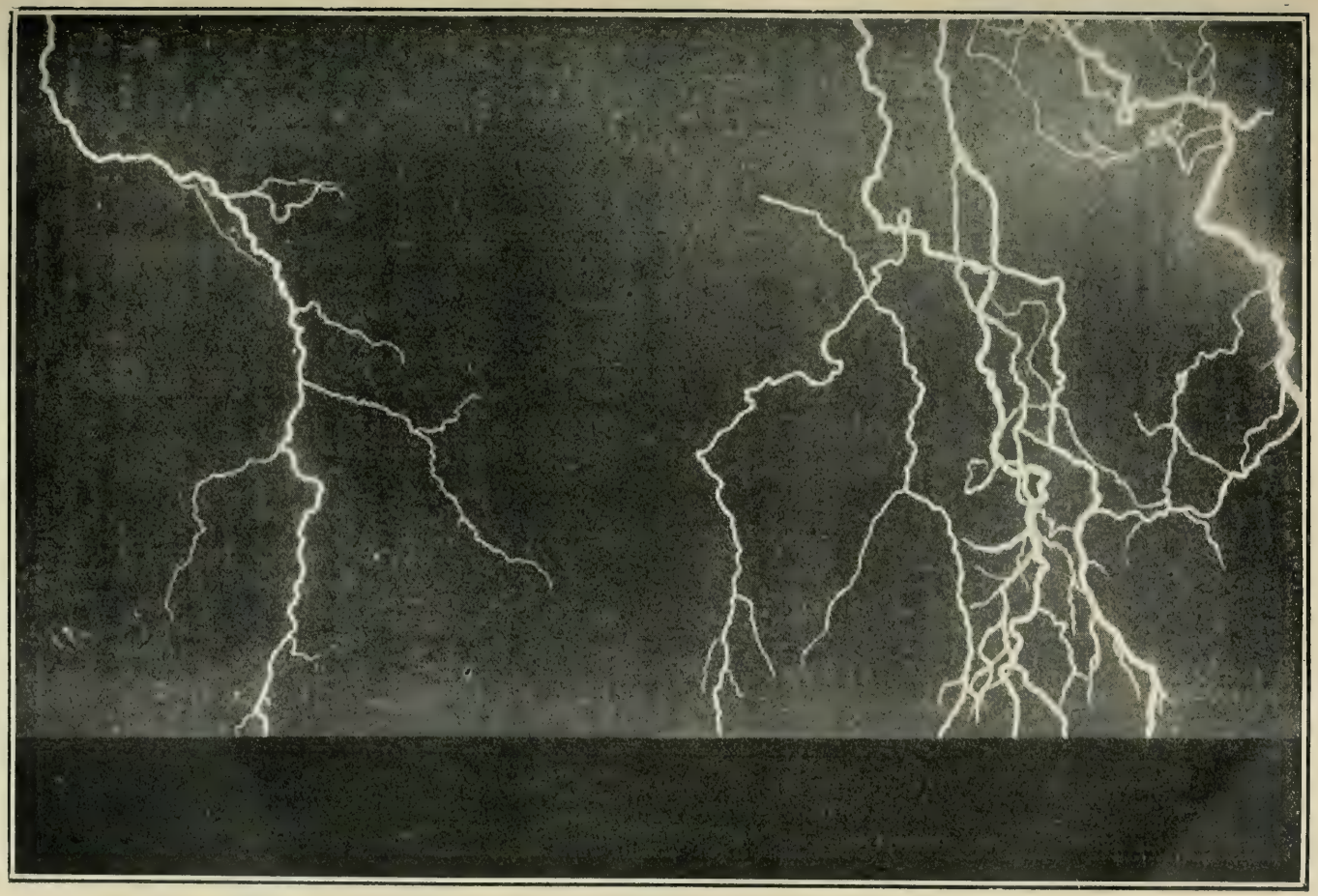
Le jet lumineux, souvent multiple, paraît dans la plupart des cas affecter la forme d'un véritable ruban d'une dizaine de mètres de largeur au maximum; il est plus ou moins contourné, et la photographie nous a montré que les zigzags chers aux peintres d'orage et de tempête ne sont qu'une illusion d'optique. Un éclair n'offre jamais de ces saillies anguleuses qu'affectent les représentations des « foudres de Jupiter. »



Photographie d'éclair obtenue par le Capitaine Gaston Pinte.

Tout le monde a remarqué la différence qui existe généralement entre le moment où l'on voit l'éclair et celui où l'on perçoit le premier bruit du tonnerre. Il se passe là un phénomène analogue au tir du canon : on voit la fumée avant d'entendre le coup. Cela tient à l'inégale vitesse de transmission de la lumière et du son. En une seconde, le son ne parcourt que 340 mètres environ, tandis que sur la terre, tout effet lumineux se voit instantanément, ou à peu près, puisque la lumière parcourt 300 000 kilomètres à la seconde.

Il y a là un moyen extrêmement simple de juger de la distance d'un orage. Supposons que nous ayons compté un intervalle de 20 secondes entre l'éclair et le bruit perçu : 340 mètres multipliés

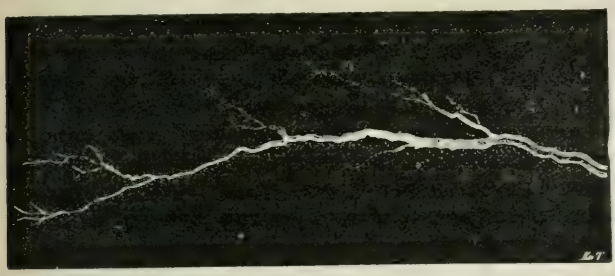


Décharges multiples entre les nuages et la terre.

(Communiqué par M. J. Guillaume.)

UNIVERSITAS O. M. I. OTTAWIENSIS

par 20 nous donnent 6 800 mètres ; tel est l'éloignement approximatif de l'extrémité la plus rapprochée de l'éclair.



Eclair quintuple photographié par M. Em. Touchet, secrétaire de la Société Astronomique de France.

Si vous entendez le tonnerre en même temps que vous voyez l'illumination du ciel, vous pouvez tenir pour certain que l'orage est au-dessus de vous. D'ailleurs, en cette circonstance, bien que le danger soit plus grand d'être foudroyé, puisque l'orage passe au-dessus de l'endroit où vous êtes, vous n'avez rien à craindre du coup entendu, et cela résulte de la faible durée de l'éclair, égale très probablement à celle des étincelles de nos appareils.

Même avant de posséder les instruments nécessaires pour en évaluer la durée, les physiciens se rendaient compte de sa faible valeur.

Voyez vous-même, lorsqu'un éclair jaillit et illumine un objet en mouvement, comme un rapide lancé à toute vitesse, les rayons des roues se distinguent aussi nettement que si le train ne se déplaçait pas.

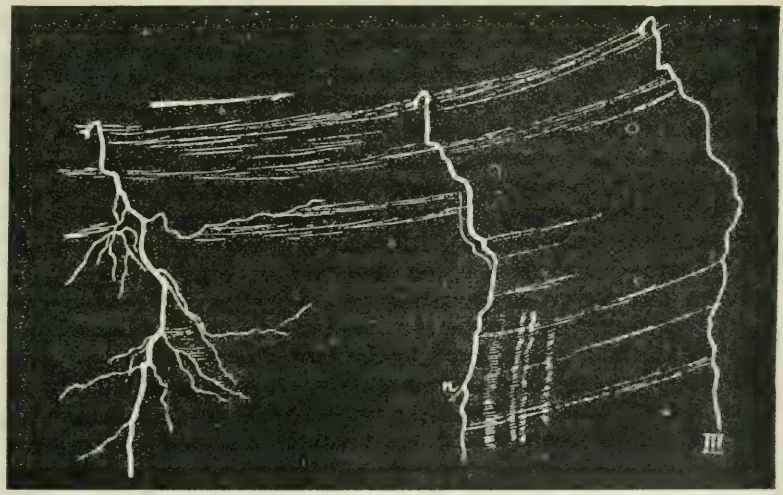
Les expériences récentes n'ont pas donné la même durée pour tous les éclairs.

Les étincelles entre les nuages paraissent souvent se propager de proche en proche, leur durée est assez longue et peut atteindre un dixième de seconde ; mais qu'une étincelle jaillisse entre un nuage et le sol, elle dure à peine un millionième de seconde.

Et comme il faut un temps assez notable pour transmettre une impression au cerveau, il est évident que les sujets atteints par l'étincelle sont foudroyés et tués avant de s'en apercevoir.

Les effets de la foudre sont extrêmement variés et il est difficile, en raison de notre ignorance de son mécanisme, de donner des lois absolument certaines sur le trajet de l'étincelle électrique.

En général cependant, la foudre a



Un éclair qui nous parait simple est souvent produit par des décharges tres rapprochées. C'est ce que montrent ces photographies prises avec un appareil en mouvement qui a décompose l'étincelle en rubans distincts suivant le même chemin.

(*Cliché de M. Hoffert.*)

une prédilection marquée pour tout corps bon conducteur de l'électricité : objets humides, liquides, métaux, etc.; si l'on ajoute qu'elle frappe de préférence les points élevés au-dessus du sol environnant, on aura la ligne de conduite à suivre pendant les orages.

Les statistiques, dit-on, accusent le redoutable fléau, d'un excès de galanterie. Chaque année en France, il tombe en moyenne 100 personnes frappées par la foudre; les 4/5 appartiennent au sexe fort, mais on néglige d'ajouter que les hommes par leurs occupations en plein air sont beaucoup plus exposés à être frappés que la majorité des femmes retenues à la maison par les soins du ménage.

Les victimes sont d'ailleurs réparties d'une façon inégale sur notre territoire. Si l'on excepte les grandes villes, où toutes les habitations forment un bloc compact et où la densité de la population est très élevée, on voit que les orages font surtout des victimes dans la Haute-Loire, l'Ardèche, le Puy-de-Dôme, la Saône-et-Loire, la Corse, et le département du Nord.

Malgré tous les avertissements, le nombre de personnes foudroyées parce qu'elles se sont réfugiées sous des arbres, reste à peu près constant.

On préfère être tué que de se mouiller. L'instruction du peuple n'aurait-elle donc pas progressé depuis cinquante ans!

Ne pas se mettre à l'abri d'un arbre ou d'un tas de paille, mais se coucher sur le sol, même en pleine campagne, s'éloigner ou se débarrasser des objets en fer tels que faux, charrues, fourches, instruments et machines agricoles renfermant des pièces métalliques, voilà des précautions élémentaires qu'on doit prendre en toutes circonstances lorsque gronde l'orage.

Il est toujours imprudent de rester au milieu des troupeaux, en raison de la conductibilité qu'ils présentent au fluide, et tous les ans, bergers ou charretiers se trouvent frappés pour n'avoir pas tenu compte de cette observation.

De même on évitera de se réfugier dans une église ou de sonner les cloches pendant l'orage.

Les gens de la campagne prétendent souvent que le son des cloches doit fendre en deux les nuées orageuses, tandis que certains savants affirment qu'on attire la foudre en sonnant.

Les faits allégués, de part et d'autre, ne prouvent rien, mais ce qui paraît certain c'est que si le tonnerre tombe, le sonneur est habituellement foudroyé.

Il est infiniment probable que si les endroits où l'on place les cloches, étaient plus bas que les habitations ordinaires, le fait de produire du bruit n'aurait aucune influence sur le fluide électrique. Hélas! les légendes, même dans les sciences, sont bien longues à disparaître!

Dans un ordre d'idées analogue, on a essayé de dresser une liste des essences d'arbres les plus frappées par la foudre et bien des auteurs à la suite de leurs devanciers se font un devoir d'y mettre en tête le chêne et le peuplier.

Mais personne ne dresse un tableau des arbres foudroyés en tenant compte de la hauteur et de l'isolement. Il paraît bien prouvé aujourd'hui que si le tonnerre frappe un arbre, les effets produits dépendent surtout de la nature de l'écorce. Si cette dernière est lisse, la pluie forme un filet continu le long de la tige et joue le rôle de conducteur électrique. Est-elle rugueuse, l'eau s'infiltre entre l'écorce et la tige, laissant des solutions de continuité.

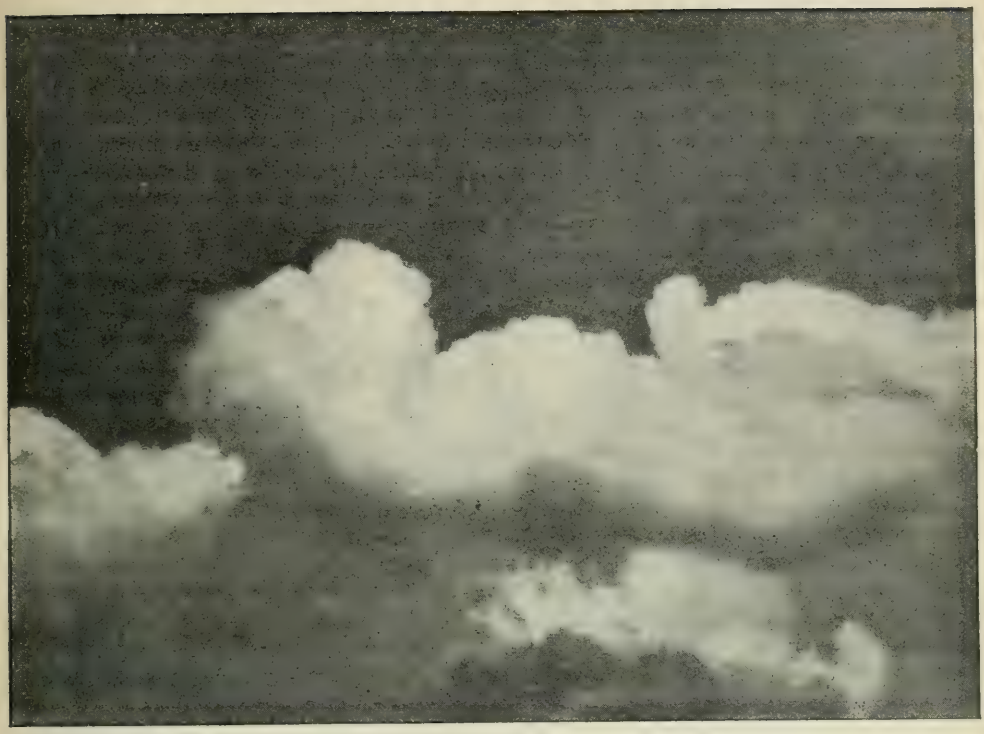
Dans le premier cas, un arbre foudroyé peut n'avoir aucun mal; il n'en est plus de même dans le second et souvent l'arbre est fendu, éclaté, divisé en parties minces comme des allumettes.

De tous les exemples que j'ai recueillis, il résulte ce fait que les arbres le plus souvent frappés sont les plus élevés et les plus isolés sans aucune distinction de nature.

Parfois le fluide électrique décrit autour du tronc une sorte de pas de vis plus ou moins allongé et certains botanistes ont prétendu que cela provient de la dis-

Un coup de foudre. (Cliché Pougnet-Canac.)

Universitas
BIBLIOTHECA
Ottaviensis



NUAGES ORAGEUX. *(Photo Quénisset.)*

position des éléments ligneux. Les savants expliquent tout ! Mais alors quelle cause invoquer lorsqu'il s'agit de cas analogues produits non sur des végétaux mais sur des colonnes construites en briques, en pierre ou en métal.

Je me rappelle avoir vu une cheminée d'usine foudroyée, présenter l'aspect d'une colonne torse. Cette cheminée à section carrée avait été tordue pour ainsi dire de la base au sommet, à la façon dont procèdent les lavandières lorsqu'elles égouttent leur linge. Toutes les briques de la haute cheminée avaient été disjointes et s'étaient déplacées.

En général, on peut classer les effets de la foudre suivant des manifestations d'ordre thermique, mécanique et même chimique.

Nous savons qu'un courant électrique intense peut porter au rouge un conducteur métallique et même le volatiliser; or les dégagements d'électricité atmosphérique entre les nuages et le sol atteignent des valeurs de 10 à 20 mille ampères.

Si la résistance du métal et sa conductibilité sont faibles, il y a bien des chances pour que la foudre le porte à son point de fusion. Une tige mince offrant un écoulement insuffisant au fluide est habituellement volatilisée. Les barres de métal même très grosses présentent souvent des traces de fusion à leurs angles.

Si ces dernières ne communiquent pas avec le sol, elles deviennent alors un danger d'incendie et une cause de détérioration des murs où elles sont scellées.

On a vu ainsi des blocs de rochers, des statues de pierre ou de marbre éclater en morceaux sous l'action du fluide.

La foudre exerce parfois sur les objets métalliques des effets magnétiques assez curieux.

Tombe-t-elle sur un navire, elle détruit des quantités de ferrures, détraque les

chronomètres de bord et change les pôles de la boussole.

Ces deux derniers faits banals aujourd'hui avaient excité la curiosité des savants anciens ainsi qu'en témoigne l'anecdote suivante rapportée par Arago :

« Vers l'année 1675, deux bâtiments anglais marchaient de conserve dans un voyage de Londres à la Barbade. A la hauteur des Bermudes, la foudre brisa le mât d'un d'entre eux et en déchira les voiles; l'autre ne reçut aucun dommage.

Le capitaine de ce second bâtiment ayant remarqué que le premier virait de bord et paraissait vouloir retourner en Angleterre, demanda la cause de cette détermination subite, et n'apprit pas sans étonnement que son compagnon croyait suivre encore la première route. Un examen attentif des boussoles du bâtiment foudroyé montra alors que les *fleurs de lis* des roses des vents, qui d'abord, comme c'est l'habitude, se dirigeaient au nord marquaient au contraire le sud, en sorte que les pôles avaient été totalement renversés par le tonnerre.

« Cet état se maintint pendant tout le reste du voyage. »

En raison de la tendance qu'ont les décharges électriques de suivre les murs d'une habitation, surtout si la pluie tombe, le danger d'être foudroyé à l'intérieur des maisons, est en somme bien inférieur à celui d'être écrasé par une voiture ou un tramway lorsque nous circulons dans Paris.

Toutefois, certains effets sont encore à craindre malgré toutes les précautions. Le principal consiste dans le *choc en retour*. Lorsqu'une décharge a lieu entre le nuage et le sol, il y a nécessairement combinaison subite de deux électricités ; or, tous les corps avoisinants l'endroit foudroyé participent plus ou moins à cette rupture d'équilibre et fournissent un contingent de fluide. De là une commotion violente, un choc indirect qui parfois peut être mortel sans blessure apparente ; dans ce cas difficile à prévoir, aucun appareil ne peut vous mettre à l'abri du redoutable fléau.

Voilà donc toute une série de phénomènes dont nous comprenons assez bien le mécanisme.

Mais à côté de faits pour ainsi dire précis et explicables, combien nous paraissent d'une étrange bizarrerie !

Comment expliquer, par exemple, des explosions comme celle du 15 avril 1718 où un coup de tonnerre fit sauter le toit et les murailles d'une église de Bretagne; ou cet autre qui transporte à plusieurs mètres de distance des pans de mur pesant 30 à 40 tonnes; et ce cas bizarre où le fluide pénètre à quatre centimètres du pied de la tige d'un paratonnerre et met le feu à une toiture que celui-ci devait protéger.

Les effets sur les personnes et les animaux sont aussi très irréguliers. Tantôt le cadavre est carbonisé ou réduit en cendres, alors que les vêtements sont intacts. Tantôt la personne foudroyée revient à elle longtemps après.

Des expériences récentes ont montré que dans bien des cas les foudroyés meurent par asphyxie. Une victime de la foudre, qui n'est pas morte sur le coup, peut reprendre sa respiration par l'emploi des tractions rythmées de la langue et la respiration artificielle. Le traitement est le même que pour les noyés.

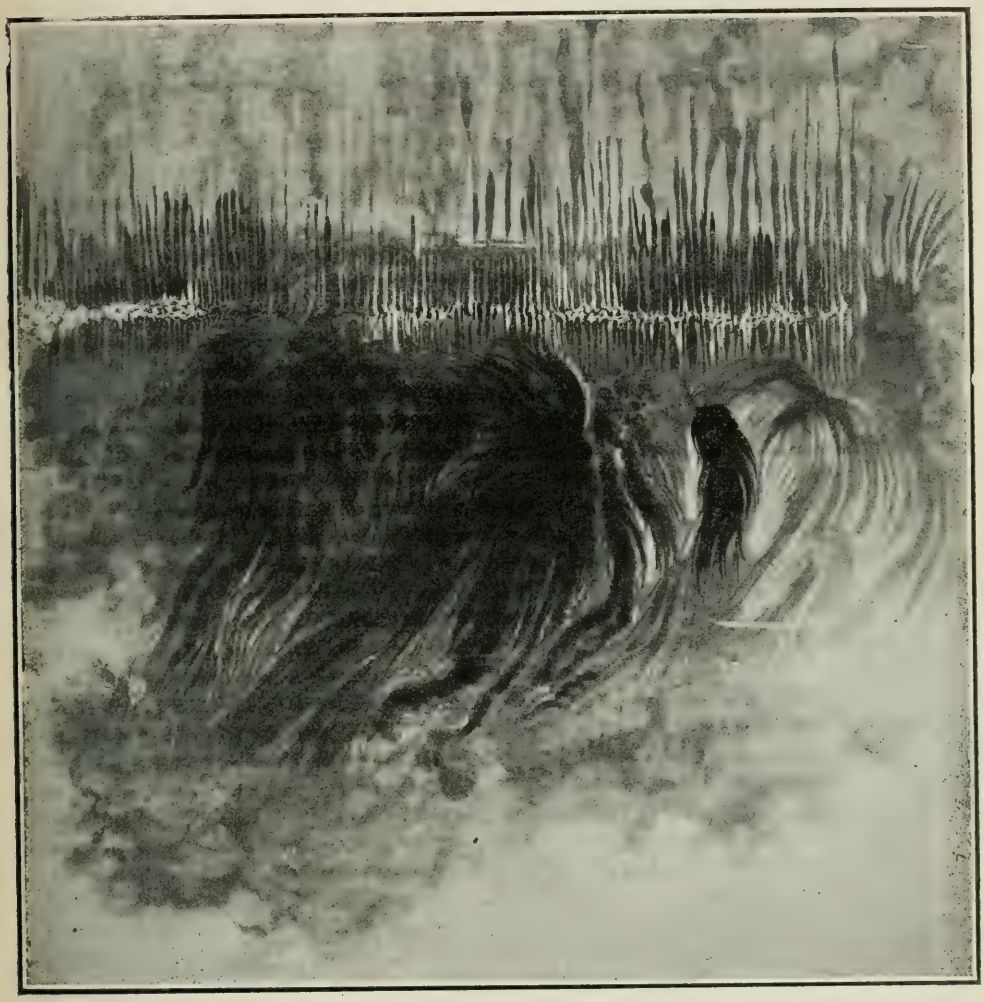
Dans la plupart des cas, s'il n'y a pas brûlure immédiate ou carbonisation, la foudre agit par une commotion violente du système nerveux, principalement par l'arrêt du nerf grand sympathique, qui est lié aux mouvements du cœur et de la respiration.

Quelquefois une partie du corps seule est frappée et une paralysie s'ensuit.

Mais là encore, les effets du fluide électrique sont tout à fait variés et parfois d'une étrangeté qui défie l'imagination. Témoin ce brave pasteur du comté de Kent, qui, paralysé depuis un an à la suite d'apoplexie, voit tomber la foudre dans sa chambre, reçoit une violente commotion et se lève radicalement guéri; et cet autre malade, habitant de Niort, qui souffrait depuis plusieurs années d'un rhumatisme au bras gauche. Un jour il

est renversé par la foudre et son mal disparaît pour ne plus revenir.

Mais voici un cas plus récent : Une dame Dupetit, âgée de 48 ans et habitant Amiens, était atteinte d'un mutisme absolu depuis 1905. On avait essayé pour la guérir, de toutes sortes de traitements même électriques, or, rien n'avait réussi, lorsque le 12 mai 1911, après les nombreux orages ayant sévi sur la contrée, Mme Dupetit a subitement recouvré l'usage de la parole.



EFFET EXTRAORDINAIRE DE LA FOUDRE.

Le 14 février 1809, le tonnerre tombe sur la maison de M. Badenier, à Antony, près Paris : la matière fulminante volatilisa 8 décimètres de fil de fer de sonnettes et laissa sur le mur cette empreinte de près de 2 mètres de longueur sur 1 mètre 2 décimètres de largeur. *(D'après une gravure de l'époque.)*

Si l'électricité n'est pour rien dans la guérison, il faut avouer que la coïncidence est vraiment curieuse.

Les méfaits de la foudre sont quelquefois si bizarres qu'on ne peut s'empêcher d'en rire.

En 1909, au cours d'un violent orage à Niagara-Falls l'électricité tomba sur un groupe de trois hommes couchés sur une couverture.

Personne n'eut de mal, mais la couverture fut brûlée et l'un des trois individus se trouva tondu et rasé instantanément : c'était un policeman ! Dans d'autres circonstances, la foudre tombe sur un berger

Un coup de foudre sur la Tour Eiffel.
(Photog. prise le 3 Juin 1902 par M. G. Loppé.

au moment où il se mouche, et lui enlève simplement son mouchoir qui n'a jamais été retrouvé ; ou bien elle volatilise les aiguilles de deux honorables dames occupées à tricoter; elle tombe sur un buveur dégustant du vin dans un gobelet en argent, elle lui arrache la coupe des mains et, sans la renverser, la transporte dans une cour ; elle pénètre dans une laiterie transporte d'un rayon sur un autre, une rangée de pots vides, sans les casser, parcourt ceux qui sont remplis de laitage et ne casse que les couvercles; elle fond sur une pile d'assiettes et les perce de deux en deux; elle va dans une cave, touche un fût de vin, se borne à en arracher la chantepleure et le tonneau se vide.

Le 25 juillet 1911, trois charretiers conduisent des tombereaux chargés de pierre, la foudre tombe sur les trois attelages, respecte les hommes, tue les chevaux et transporte dans un ravin à plusieurs mètres de là, les trois tombereaux sans les renverser.

Un dimanche, pendant la célébration de la messe, le tonnerre tombe sur l'église de Châteauneuf-de-Moustiers, au moment où un jeune homme chantait l'épître. La foudre lui arrache le missel des mains, le met en pièces, et envoie le chantre rouler sur les assistants. Le même coup de foudre brûle le célébrant et lui fait de profondes cicatrices; le fluide glisse entre son corps et ses vêtements, suit le galon d'or de l'étole et ayant coulé jusqu'en bas arrache au prêtre un de ses souliers qu'il transporte à l'autre extrémité de l'église. Au même moment, un jeune enfant était arraché du bras de sa mère et transporté six pas plus loin. Neuf personnes furent tuées et 82 furent blessées grièvement. Fait assez piquant et que relate le mémoire adressé à l'Académie des sciences « tous les chiens qui étaient à l'église furent trouvés morts dans l'attitude qu'ils avaient auparavant ». Il a fallu cette circonstance pour nous apprendre qu'en 1819 les chiens assistaient aux offices !

Ce transport d'objets ou de personnes, relaté dans le mémoire de 1819, est d'ailleurs assez fréquent.

Souvent des faucheurs sont frappés en plein champ, la faux leur est arrachée des mains et projetée à de grandes distances. On cite encore le cas d'un jardinier occupé avec sa fouche à relever de l'herbe sèche. Le fluide enlève l'instrument et le dépose 50 mètres plus loin après en avoir tordu les branches en forme de tire-bouchons admirablement travaillés !

La foudre tombe dans une chambre. Sur la table se trouvait un chapeau en toile blanche dont le rebord était maintenu par un fil de fer. Lorsqu'on voulut

s'en servir, on s'aperçut que le métal avait disparu laissant intact le papier brun dans lequel il était enroulé et le chapeau qu'il entourait.

D'autres fois sans respect pour les lois de la plus élémentaire pudeur, la foudre déshabille complètement ses victimes, brûle leurs vêtements ou les disperse au loin.

Mais là encore ses caprices sont inexplicables. Et la preuve en est dans ce cas souvent cité d'un brave homme qui frappé par le fluide s'évanouit et constate à son réveil qu'il ne lui reste plus comme vêtement qu'un bras de chemise et un soulier.

Même fait s'est produit le 29 mai 1911 dans la Gironde où un fermier fut foudroyé en ramenant le bétail dans sa grange. Son corps fut trouvé nu et carbonisé. L'électricité lui avait du même coup enlevé ses vêtements et ses sabots.

Le tonnerre est parfois moins dangereux. A Limoux, le 5 juin de la même année, il tombe sur trois faucheurs, enlève le pantalon de l'un d'eux et transporte le vêtement à quelque distance.

En 1902, près d'Ajaccio, le tonnerre tomba sur une maison où étaient un nommé Pantaloni, sa femme et leurs sept enfants. Le père fut entièrement carbonisé, deux des fils et une fille furent déshabillés nets et leurs vêtements brûlés, les autres personnes s'en tirèrent avec quelques brûlures.

Morand rapporte un exemple curieux du même genre. La foudre tombe sur une femme au moment où elle était déguisée en homme; non contente de lui enlever ses vêtements d'emprunt, elle coupe, hache et déchire en lanières, les chaussures et les habits et les disperse à plusieurs pas autour d'elle.

La femme est indemne, mais on est obligé de l'envelopper d'un drap pour la transporter à son domicile.

Le même cas s'est renouvelé en 1868 dans les Côtes-du-Nord. Sept personnes se réfugient sous un hêtre pendant l'orage, la foudre éclate, tue l'une d'entre elles, la dépouille de ses vêtements qu'elle découpe en menus morceaux et qu'elle disperse dans les branches.

Dans bien des cas, ce ne sont que les parties métalliques de l'habillement qui disparaissent; la foudre tombe sur une personne, fond son parapluie, sa montre avec la chaîne qui la retient et lui enlève tous ses boutons ainsi que les clous de ses souliers.

A Mantoue, le tonnerre tombe sur un théâtre au moment d'une représentation; il tue deux spectateurs et en blesse dix; les autres s'en tirent à meilleur compte, mais bientôt chacun s'aperçoit que la foudre, pick-pocket remarquable, a subtilisé tous les bijoux, chaînes, montres, pendants d'oreilles; les diamants eux-mêmes sont atteints par le fluide et on constate que l'électricité les a soumis à une nouvelle taille.

Le respect des choses les plus sacrées lui est inconnu. Elle tombe sur les églises, les incendie, décapite les statues de saints, fond les vases sacrés, etc., etc. Ces derniers faits s'expliquent d'ailleurs d'une façon toute naturelle. Les clochers sont généralement les points les plus élevés des villes et des villages et les grandes statues en plâtre qui décorent nos églises, renferment presque toujours une ossature métallique pour les soutenir.

Mais voici maintenant tout un ensemble de faits qui mettent en valeur des talents bien autrement pittoresques. Je veux parler des cas où la foudre transporte des images et les incruste sur les objets foudroyés.

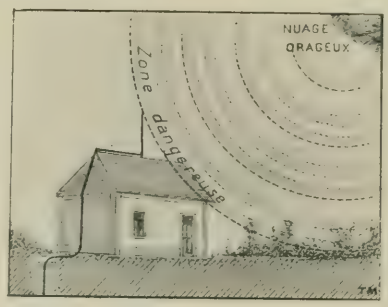
Le premier exemple authentique d'une bizarrerie de ce genre remonte, je crois, à 1689.

Le tonnerre étant tombé sur une église, on s'aperçut qu'entre autres phénomènes consécutifs au passage du fluide le carton placé sur l'autel et qui contient certaines prières dites par le prêtre pendant la messe avait été renversé à plat et que les caractères d'impression étaient passés sur la nappe d'autel.

Le P. Lamy, savant Bénédictin qui nous rapporte le fait, ne put s'expliquer

le phénomène, mais il constata que tous les caractères n'avaient pas subi le transfert; ceux-là seuls qui étaient imprimés avec une encre à base de sels métalliques avaient changé de dessous.

Il y a là évidemment un phénomène analogue à celui de l'expérience classique réalisée pour la première fois par Franklin. L'étincelle électrique, résultant d'un courant violent, détache des particules de métal et les transporte sur des surfaces voisines suivant des trajectoires parallèles.



A la seule inspection de cette figure on voit que souvent la protection des paratonnerres à tige est tout à fait illusoire

Ainsi s'expliqueraient encore les faits suivants. En 1846, deux matelots furent foudroyés dans le port de Zante. On retrouva sur le corps de l'un d'eux une impression très nette de plusieurs pièces de monnaie renfermées dans la ceinture de la victime.

Il y a quelques années, aux Etats-Unis, un ardent républicain, au moment des élections, avait décoré la façade de sa grange avec d'énormes lithographies représentant les portraits de Hobbart et de Mac Kinlay. Pendant un orage la foudre tombe à plusieurs reprises sur le bâtiment qui paraît à un moment tout enveloppé de flammes. Le propriétaire accourt et constate que la grange est heureusement intacte, mais que les grandes affiches ont disparu, et quelle n'est pas sa stupéfaction en remarquant que les portraits de ses chers candidats ont été incrustés et imprimés sur la muraille!

Mais comment expliquer des faits de ce genre lorsque le transport du dessin se fait loin des objets foudroyés?

Dans l'exemple cité plus haut, l'un des deux matelots portait, imprimés sur le dos, les deux chiffres 4 qui formaient le nombre 44 marqué sur les agrès du navire.

Une autre fois, c'est une dame qui porte, reproduite sur le corps, une fleur rouge dont on reconnaît le dessin au bas de son jupon : ou bien c'est la feuille d'un peuplier dont on retrouve l'empreinte sur la jambe d'un individu ; l'image d'un wagon dessinée sur un poteau télégraphique; tout un paysage reproduit sur une glace en fines arborescences.

On pourrait multiplier les exemples, citer les cas où la foudre tombe sous la forme d'une boule de feu, se promenant lentement dans les habitations où elle sème la terreur sur son passage, et partout l'on constaterait les caprices les plus bizarres que notre science est impuissante à expliquer.

Peut-on, du moins, empêcher ou atténuer les effets redoutables de l'implacable fléau?

Dès la découverte de la nature de la foudre, Franklin avait imaginé dans ce but un paratonnerre formé d'une pointe destinée à laisser fuser le fluide.

Les chances d'un choc par la foudre sont diminuées pour l'habitation possédant un appareil de ce genre, mais, par contre, si l'installation est mal faite, rien de plus dangereux.

Un bon paratonnerre, avec pointe en cuivre doré ou en platine, doit toujours être relié très intimement avec les parties métalliques du bâtiment : charpentes en fer, tuyaux de conduite, etc., etc., et surtout enfin avec la tige qui le fait communiquer au sol.

Dès le commencement du printemps, on doit au moyen d'une pile et d'une sonnerie, s'assurer que le courant circule parfaitement dans l'ensemble.

Quelle est l'étendue de la surface protégée par l'appareil?

La plupart des traités de Physique, voire même de Météorologie, dont les auteurs se recopient mutuellement, affirment que le paratonnerre à pointe protège une

surface circulaire dont le rayon est le double de la hauteur de la pointe au-dessus du sol. Or, rien n'est plus faux.

Il n'existe pas de formule applicable à tous les cas.

Le rayon de protection varie avec la hauteur de l'édifice, sa largeur et surtout sa distance aux nuages orageux.

La figure insérée dans le texte fera mieux comprendre que toutes les démonstrations. On a même vu la foudre tomber à quelques centimètres de la base d'un paratonnerre à pointe.

Le mieux, si l'on adopte ce système, est de multiplier les tiges sur un même édifice. Mais alors l'appareil devient fort coûteux.

Beaucoup de personnes ignorent qu'il existe aujourd'hui un dispositif autrement efficace et fondé sur une expérience due au célèbre physicien Faraday.

L'histoire de cette ingénieuse conception est assez pittoresque pour que nous ne la passions pas sous silence.

Un jour, pendant un violent orage, Faraday était à sa fenêtre tout préoccupé d'étudier le météore, lorsque la foudre tomba sur le faîte d'un clocher voisin, surmonté d'une croix soutenue elle-même par une grosse boule métallique.

Le fluide détacha la boule qui vint rouler sur le sol. Faraday connaissait cette sphère depuis longtemps. La pluie et les intempéries en avaient oxydé les parois et y avaient pratiqué une large ouverture.

Les oiseaux en avaient profité pour y élire domicile et le savant physicien, qui les avait observés avec une longue-vue, savait qu'au moment où la foudre avait détaché la sphère, celle-ci contenait toute une nichée d'oiseaux fraîchement éclos.

Son premier soin fut donc de se précipiter au dehors pour constater les ravages opérés par l'électricité sur les petits renfermés à l'intérieur de la grosse boule métallique.

Mais quel ne fut pas son étonnement lorsqu'il s'aperçut que le nid était intact et que ses habitants piaillaient à qui mieux mieux.

Etait-ce donc par hasard que la foudre avait respecté la nichée? Le fluide électrique a de ces bizarreries déconcertantes; Faraday ne l'ignorait pas; cependant il résolut de tenter une série d'expériences pour s'assurer du fait.

Le résultat fut extrêmement curieux.

Malgré toute l'intensité des courants employés, le célèbre physicien ne parvint jamais à foudroyer des oiseaux enfermés dans une sphère métallique en communication avec le sol. Même conclusion pour une cage en fils de fer.

Ainsi, loin de s'isoler pendant un orage au moyen de substances non conductrices, comme la soie ou la porcelaine, on devrait plutôt s'entourer de corps bons conducteurs. Dans un lit en fer dont les pieds communiqueraient avec le sol par des fils métalliques, on n'aurait absolument rien à redouter.

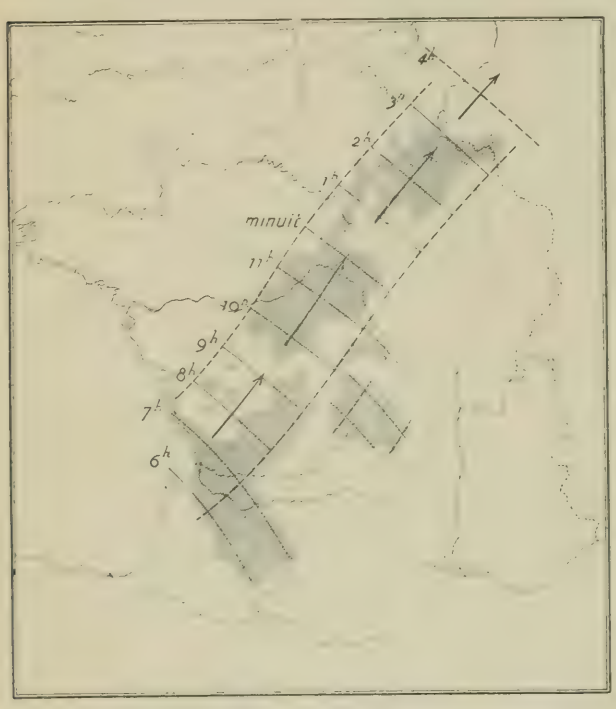
Partant de ce principe, un physicien du nom de Melsens, a imaginé un appareil peu coûteux susceptible de protéger nos habitations et que j'appellerai volontiers le « paratonnerre du pauvre ». Ce n'est, au fond qu'une cage de Faraday.

Paratonnerre Melsens
basé sur l'emploi de la cage de Faraday.

Il consiste à entourer la maison à tous les étages de fils galvanisés, reliés à des fils analogues qui descendent verticalement de la toiture. La faîtière elle-même porte un fil de ce genre, et le tout, réuni aux parties métalliques de la maison, communique, soit avec l'eau d'un puits, soit avec une rivière, soit enfin avec une fosse où l'on envoie les eaux d'égoût.

Pour compléter l'installation, on peut, sur la faîtière, ajouter des aigrettes métalliques en forme d'ornement, mais qui sont destinées réellement à décharger l'électricité de la terre.

Ce genre de paratonnerre à la portée de tous est bien préférable aux tiges imaginées par Franklin et qui « décorent » même à l'heure actuelle nos plus beaux monuments quel qu'en soit le style.



Les orages sont rarement locaux comme on le croit généralement. Ils affectent souvent de grandes régions : celui que la carte représente a parcouru la France en écharpe en 10 heures environ. Les parties teintées sont celles où l'on a observé des chutes de grêle.

Dans bien des cas, ces sortes de paratonnerres ont donné lieu aux plus déplorables mécomptes. Souvent même ils attirent la foudre plus qu'ils ne l'écartent. On devrait les proscrire officiellement et, de même qu'on impose aux contribuables des quantités de choses par mesure d'hygiène, pourquoi n'imposerait-on pas à chaque propriétaire l'installation sur ses immeubles d'une cage de Faraday ?

Si le problème de la protection des habitations est résolu à l'heure actuelle, on ne saurait en dire autant des effets extérieurs des orages. Certains nuages portent souvent avec eux des réserves inimaginables de grêle qui sème la dévastation sur leur passage.

D'où viennent ces particules de glace accompagnant certaines nuées orageuses ? Nous avons vu que dans les hautes régions de l'atmosphère il règne souvent des froids intenses capables de congeler les gouttes d'eau.

Dès qu'ils atteignent 7 ou 8 kilomètres les brouillards donnent naissance à des nuages qui souvent représentent des séries parallèles rappelant les filaments d'une laine effilochée. Ce sont ces mêmes nuages nommés *cirrus* qui, en descendant, prennent la forme caractéristique des ciels pommelés ; or, dans tous ces cas, les cirrus et les nuages qui en dérivent, contiennent de véritables aiguilles de glace.

On comprend donc à merveille la formation de la neige et du grésil, mais dès qu'on aborde celle de la grêle, le problème est plus délicat.

Normalement, la dimension des grêlons est comprise entre un demi-centimètre et deux centimètres ; déjà le phénomène est difficile à expliquer, mais que dire de la formation de grêlons atteignant la grosseur d'un œuf de poule. On a ramassé à Bizerte, le 2 octobre 1898, des grêlons du volume d'une carafe avec un poids dépassant 1 kilogramme. On a cité aussi des grêlons pesant 1 200 grammes.

Ce sont là des exemples très authentiques, mais si l'on en croit certains rapports, il s'est présenté des cas plus extraordinaires. En 1822, des grêlons tombés au Bengale, auraient eu les dimensions d'un melon et en 1802 on aurait vu tomber en Hongrie un bloc de glace de un mètre carré

de section sur une épaisseur de 60 centimètres, et que huit hommes n'auraient pu soulever.

Comment expliquer un phénomène qui donne lieu dans l'atmosphère à la formation de masses compactes aussi grosses?

Il est certain aujourd'hui que, pendant les orages, le courant d'air chaud ascendant qui forme des cumulo-nimbus donne naissance à des mouvements tourbillonnaires à axe horizontal. Il y a donc une sorte de brassage continuel des matériaux formant le nuage. Une partie des gouttes d'eau tombe à l'arrière et donne lieu à la pluie d'orage, tandis qu'à l'avant, les gouttelettes, tournant au sein de la nuée peuvent, tout en restant liquides, atteindre des températures au-dessous du point de congélation.

Rencontrent-elles les aiguilles de glace des cirrus qui accompagnent généralement les nuages à grêle, immédiatement les gouttes d'eau se congèlent et s'accroissent de nouvelles couches de glace au cours de leur mouvement cyclonique.

Dès que le vent ascendant n'est plus suffisant pour soutenir les grêlons, ceux-ci tombent sur le sol.

Le phénomène est donc purement local, mais les orages parcourent d'immenses régions et pendant leurs longs voyages il n'est pas rare d'observer la formation de nouvelles grêles.

Il n'est donc pas étonnant qu'on ait cherché depuis le VIIIe siècle à empêcher les conditions qui peuvent amener la grêle.

De tout temps, d'ailleurs, on a lié ensemble la foudre et la grêle, et on a cherché à atténuer l'un des phénomènes pour supprimer l'autre.

A cet effet on a imaginé de grandes perches destinées à soutirer l'électricité, puis vint le tour des pylones métalliques, et enfin des décharges de poudre.

Comme les météorologistes ne savent pas encore prévoir les manifestations grélifuges, variables suivant les années, il faudra bien du temps pour se prononcer contre l'efficacité ou en faveur des procédés employés.

Ceci me rappelle l'engouement qu'avait provoqué en 1820 l'invention du paragrêle de Lapostolle, pharmacien à Amiens.

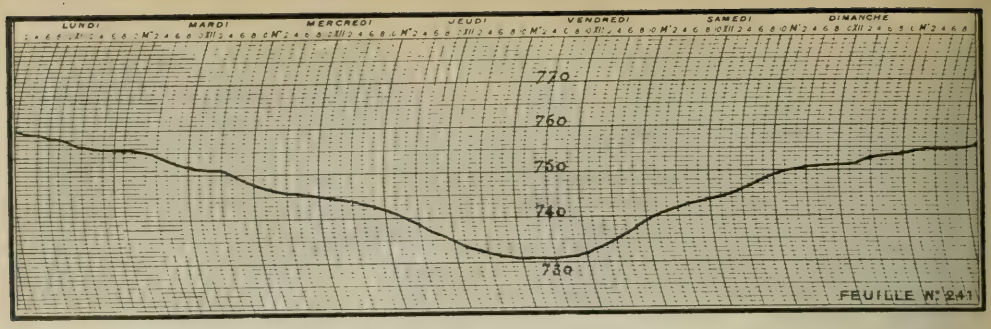
C'était un piquet de bois relié au sol par une corde en paille. Thollard, professeur à Tarbes, lui préférait sérieusement la corde de chanvre. L'idée, quoique saugrenue, fit son chemin, et quatre ans plus tard, on comptait dans l'Europe occidentale, plus d'un million et demi de piquets paragrêles dont on célébrait les merveilleux résultats.

Ce triomphe ne devait pas être de longue durée; déjà on publiait des statistiques documentées, tendant à montrer qu'on avait beaucoup exagéré l'utilité de ces instruments, lorsque les faits fournirent la démonstration de cette thèse pessimiste.

Le 10 août 1825, une grêle formidable s'abattit sur les environs de Peterwardein et détruisit tous les vignobles. Le 22 février suivant, c'était au tour des régions du canton de Vaud d'être complètement dévastées.

Or, fait assez piquant, ces contrées étaient les mieux pourvues en piquets paragrêles. Les paysans accusèrent alors les fameux piquets d'avoir attiré l'orage et désormais il n'en fut plus question.

Je ne voudrais pas être mauvais prophète, mais si l'on considère que les fusées paragrêles ne dépassent jamais 500 mètres de hauteur, alors que les régions où se forment les grêlons sont habituellement beaucoup plus élevées, que le milieu des nuages atteint souvent plusieurs kilomètres, il est permis de se demander si nos faibles moyens d'action sont proportionnés au but que visent les inventeurs et les propagateurs de ces ingénieux procédés.



La baisse lente du baromètre indique l'approche d'une dépression atmosphérique. Le centre est le plus proche du lieu d'observation le vendredi à 6 heures du matin : le baromètre marque 731 millimètres seulement. La courbe se relève après le passage de la dépression comme dans les cyclones mais d'une façon moins brusque.

CHAPITRE X

Le beau et le mauvais temps.

Nous avons vu que dans les régions équatoriales, à part les jours où l'on signale un cyclone, la pression atmosphérique est extrêmement régulière. Il n'en est pas de même dans nos régions.

Dans toute l'Europe occidentale, les variations accidentelles deviennent la règle pour ainsi dire. Elles sont souvent liées à l'approche d'un changement de temps, mais il faut avoir une quantité d'observations simultanées, pour arriver à des prévisions certaines.

Pour atteindre ce but, les grandes nations ont installé des services météorologiques centralisés dans divers pays et qui reçoivent quotidiennement des dépêches de tous les points du globe.

L'un des mieux organisés est certainement le *Weather Bureau* (Bureau du Temps), aux Etats-Unis, qui fonctionne militairement sous la direction d'un général en chef.

En France, où les ressources pécuniaires ne permettent pas d'établir un « office » de ce genre, nous possédons cependant un *Bureau central météorologique* entretenu par l'Etat et dont le siège est Rue de l'Université à Paris.

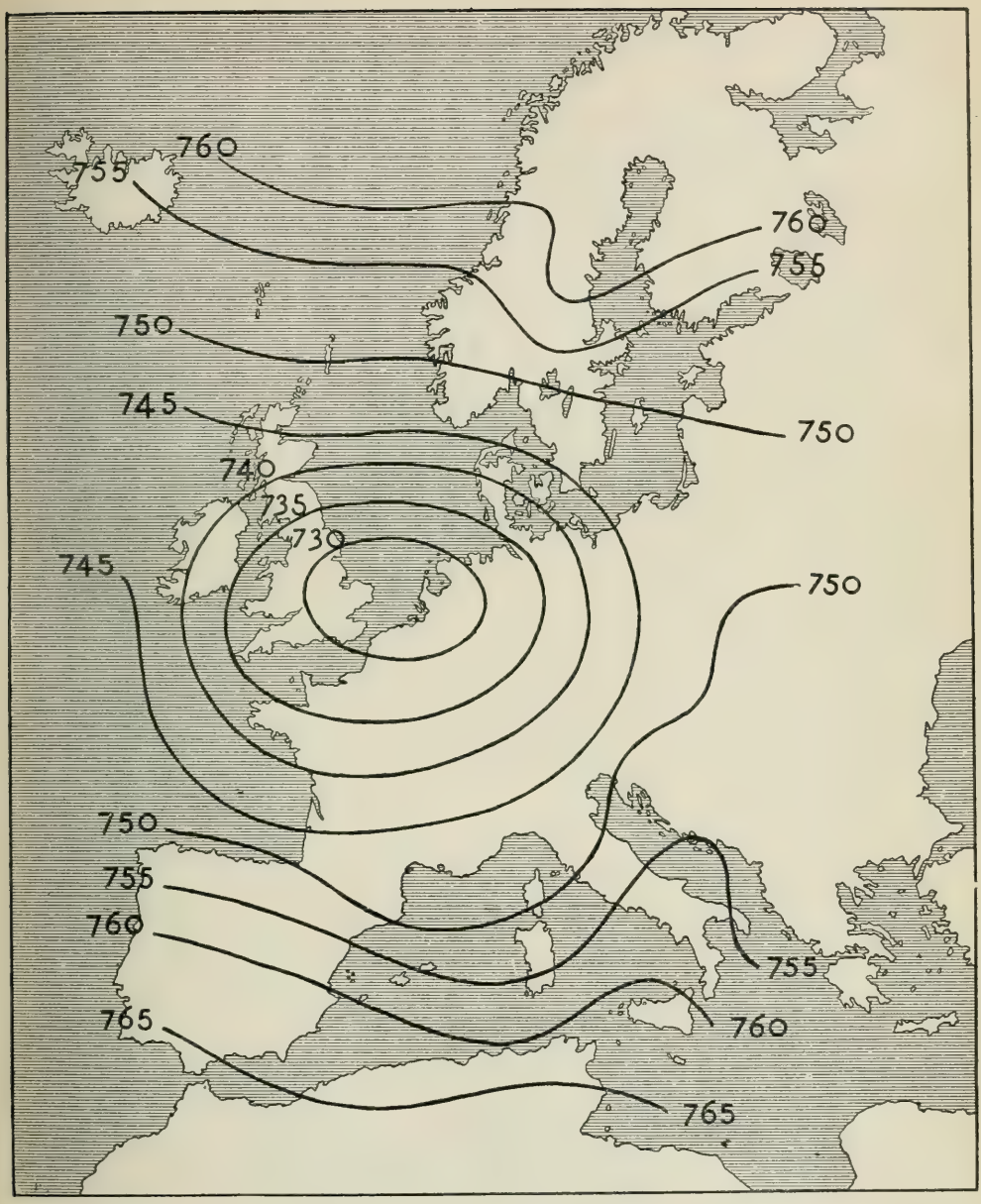
La direction en a été confiée à un éminent météorologiste, M. A. Angot qui a sous ses ordres toute une pléiade de savants bien connus et dont il suffira de citer les noms : MM. R. Dongier, Chauveau, Ch. Gouthereau, etc.

Dans chaque département des commissions météorologiques, grâce au zèle bénévole des instituteurs, des gardes-forestiers et des agents des Ponts et Chaussées centralisent les observations générales sur la température, la pluie, les orages, les vents et les pressions barométriques dans notre pays, et communiquent ces données au Bureau central dont l'organisation et le bon fonctionnement sont encore assurés par un secrétaire, M. J. Guillaume.

Dès le matin de chaque jour la situation atmosphérique est télégraphiée à Paris où l'on reçoit une soixantaine de dépêches des principaux postes de France, l'Algérie et de Tunisie, et une centaine environ des stations réparties sur l'Europe, l'Amérique, les Açores, les Iles Féroé et l'Egypte.

Après l'arrivée des télégrammes, M. Gouthereau, chef du service des avertissements, est chargé de dresser la carte générale servant à la prévision du temps probable pour le lendemain.

Ces cartes s'obtiennent en notant la



Spécimen simplifié d'une carte quotidienne dressée par le Bureau central météorologique de France.

En réunissant les points d'égale pression, on obtient les isobares à un moment donné. La disposition des isobares dans cette carte montre qu'une dépression ayant son centre sur la mer du Nord traverse l'Europe. C'est du mauvais temps probable pour la partie Sud de la dépression, c'est-à-dire pour la Belgique et la France, du beau temps pour la Suède, le Danemark, l'Espagne et l'Algérie.

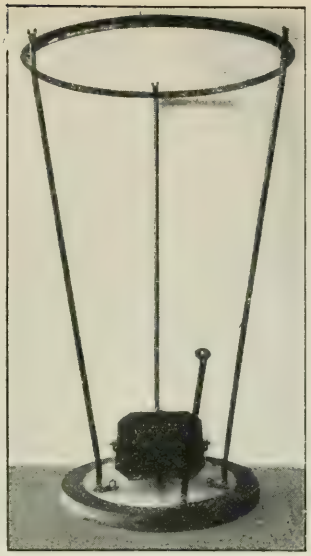
hauteur du baromètre dans chaque station, après avoir ramené tous les chiffres au niveau de la mer.

En réunissant tous les points ayant la même cote, on obtient des lignes d'égale pression que nous avons déjà appelées isobares.

Or, on constate souvent que ces isobares sont disposées en cercles concentriques, plus ou moins réguliers; elles sont donc réparties comme à l'intérieur des cyclones, avec cette différence qu'elles s'étendent sur des surfaces autrement considérables. La pression, faible au centre, se relève à mesure qu'on gagne les bords extérieurs.

Cet état particulier, nous l'avons vu au Chapitre VIII, a reçu le nom de *dépression atmosphérique*. Comme dans les cyclones, les couches d'air affluent de l'extérieur vers le centre, pour prendre en cet endroit, une direction ascendante. Nous pourrons donc constater en chaque point de la région affectée, des vents plus ou moins intenses, mais soufflant de façon à se diriger en spirale vers le centre de la dépression.

D'où viennent ces tempêtes qui font baisser nos baromètres? En général, elles abordent notre continent par les îles Britanniques et le



Appareils néphoscopiques de M. Besson.

Pour apprécier la direction des nuages et leur vitesse.

(*Modèle construit par Richard.*)

parcourent en écharpe, le plus souvent de l'Ouest à l'Est ou du Sud-Ouest au Nord-Est.

Au temps de Leverrier, qui prit l'initiative de recueillir à Paris des renseignements simultanés pour la prévision du temps, on s'était imaginé que ces dépressions n'étaient autres que les transformations des cyclones équatoriaux, prenant naissance vers la région des Antilles, et on s'était bercé de l'espoir d'annoncer leur arrivée, tout comme nous prévoyons l'entrée d'un paquebot dans le port du Havre, si nous connaissons sa vitesse et l'heure de son départ de New-York. Mais on s'est aperçu depuis que la plupart du temps, la dépression atteignant nos côtes, n'a rien de commun avec celle qui a quitté l'Amérique; souvent même elle s'est renouvelée un grand nombre de fois au cours du voyage et la dernière, celle qui nous intéresse, a simplement pris naissance au-dessus de l'Océan.

Vous vous rappelez l'explication des cyclones : grandes surfaces échauffées dans les contrées tropicales ou régions de calmes; colonnes d'air chaud, à mouvement ascendant, entretenu par la condensation de la vapeur d'eau. Certains météorologistes frappés par l'analo-

gie de nos tempêtes avec les manifestations cycloniques avaient pensé qu'une même cause produisait les mêmes phénomènes. Mais les multiples expériences des ballons-sondes et des cerfs-volants ont montré que nos dépressions n'offrent pas de centre chaud. A mesure même qu'on gagne les couches situées au-dessus, l'air devient de plus en plus froid, suivant en cela la règle générale.

Autres différences : nos tempêtes ne se forment jamais dans les régions calmes ; enfin, elles apparaissent surtout aux époques où la circulation aérienne est la plus active, c'est-à-dire pendant les périodes froides de l'année.

La chaleur ici ne peut donc jouer qu'un rôle secondaire et c'est sans doute l'*humidité différente* des deux couches superposées et animées de vitesses inégales qui cause nos dépressions en détruisant l'équilibre atmosphérique.

La rotation de la Terre interviendrait pour donner à l'ensemble un mouvement tourbillonnaire s'effectuant chez nous dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre. Enfin, comme il est hautement probable que ces dépressions affectent une hauteur assez grande, on conçoit aisément que leur marche participera en quelque sorte à celle de la circulation générale de l'atmosphère qui, dans nos latitudes, s'effectue de l'Ouest à l'Est.

Et pratiquement, c'est bien ce que nous constatons toutes les fois qu'une tempête aborde les côtes de France.

Au surplus, il est facile, lorsque le baromètre baisse, de trouver de quel côté il faut chercher le centre de la dépression. La loi de rotation des cyclones s'applique encore ici : « Tournons-nous face au vent, le centre de la dépression est à notre droite ».

Supposons, par exemple, un observateur placé à Paris. La colonne barométrique baisse régulièrement. Le vent dirigé d'abord du Sud au Nord, souffle bientôt du Nord-Ouest, puis franchement de l'Ouest.

M. A. Angot,

Directeur du Bureau Central météorologique de France.

La région centrale de la tempête, après avoir suivi la Manche, passe sur Lille et la Belgique, Paris est au Sud de la dépression ; son éloignement du centre sera d'autant plus grand que la vitesse du vent sera plus faible.

Ceci admis et constaté, il est facile de prédire le temps probable de toutes les parties affectées par la dépression.

Cette dernière, en effet, est généralement précédée par des bandes de cirrus animées d'un mouvement rapide, ce qui justifie le vieux dicton populaire qui, pour toutes sortes de raisons ne serait plus de mise aujourd'hui :

Temps pommelé, femme fardée,
Ne sont pas de longue durée.

Ces nuages accompagnés fréquemment d'un voile gris ou blanchâtre de *cirro-stratus* — cirrus en couches superposées — puis de cirrus élevés, nommés *alto-stratus*, tous formés de particules de glace qui favorisent l'apparition de *couronnes* autour du soleil et de la lune, sont l'indice du mauvais temps dans la partie sud des dépressions atmosphériques.

L'Hiver en février.

Miniature des « Très Riches Heures du Duc de Berry (xve siècle) ».

Musée Condé, à Chantilly (*Cliché Giraudon.*)

Lorsqu'une dépression atmosphérique approche, elle est souvent précédée par un voile gris d'alto-stratus sous lequel on remarque des fracto-nimbus annonçant les nimbus et la pluie.

On voit, en effet, apparaître après les cirrus, des cumulus de toutes formes qui annoncent la pluie.

Enfin, il n'est pas rare de noter des orages dans la partie Sud-Est, surtout en été.

Toutes ces indications peuvent être corroborées par le baromètre, à condition qu'on sache s'en servir.

Tout d'abord, *ne pas se fier* aux inscriptions imprimées sur le cadran de l'appareil, mais étudier sa marche continue, montée ou descente.

Voici quelques règles générales :

1° Le baromètre descend.

S'il le fait lentement et d'une façon constante, regardez d'où vient le vent et cherchez à vous rendre compte du centre de la dépression.

Si le vent vient d'Ouest, la dépression passe au Nord; avec un vent violent, le centre est près de vous, et vous pouvez annoncer la pluie.

Une baisse brusque de quelques millimètres vous prédira un mauvais temps passager et souvent un orage en été par « temps lourd ».

2° Le baromètre monte.

Si l'ascension est lente et accompagnée de pluie, vous pouvez prévoir un beau temps prochain et d'assez longue durée.

Si au contraire la montée est brusque, le beau temps ne persistera pas.

Autre règle pour ceux qui possèdent un baromètre enregistreur : on a remarqué que les courbes sont le plus souvent symétriques de part et d'autre, au point le plus bas et le plus élevé.

Une ascension continue pendant huit jours, par exemple, indiquerait donc que le mauvais temps ne surviendra qu'une semaine après le moment du maximum barométrique. Cette règle est souvent applicable à des durées plus longues.

Je l'ai souvent observée dans les situations atmosphériques nommées anticyclones, et qui sont le contraire des dépressions : on remarque, en effet, une pression très élevée au centre et les isobares sont encore disposées concentriquement, mais la pression va en diminuant, du centre vers les bords. Régime très froid, en hiver, très chaud en été. dans nos contrées européennes.

Toutefois le cas le plus général pour la prévision du temps, reste toujours celui de la dépression atmosphérique pour nos régions.

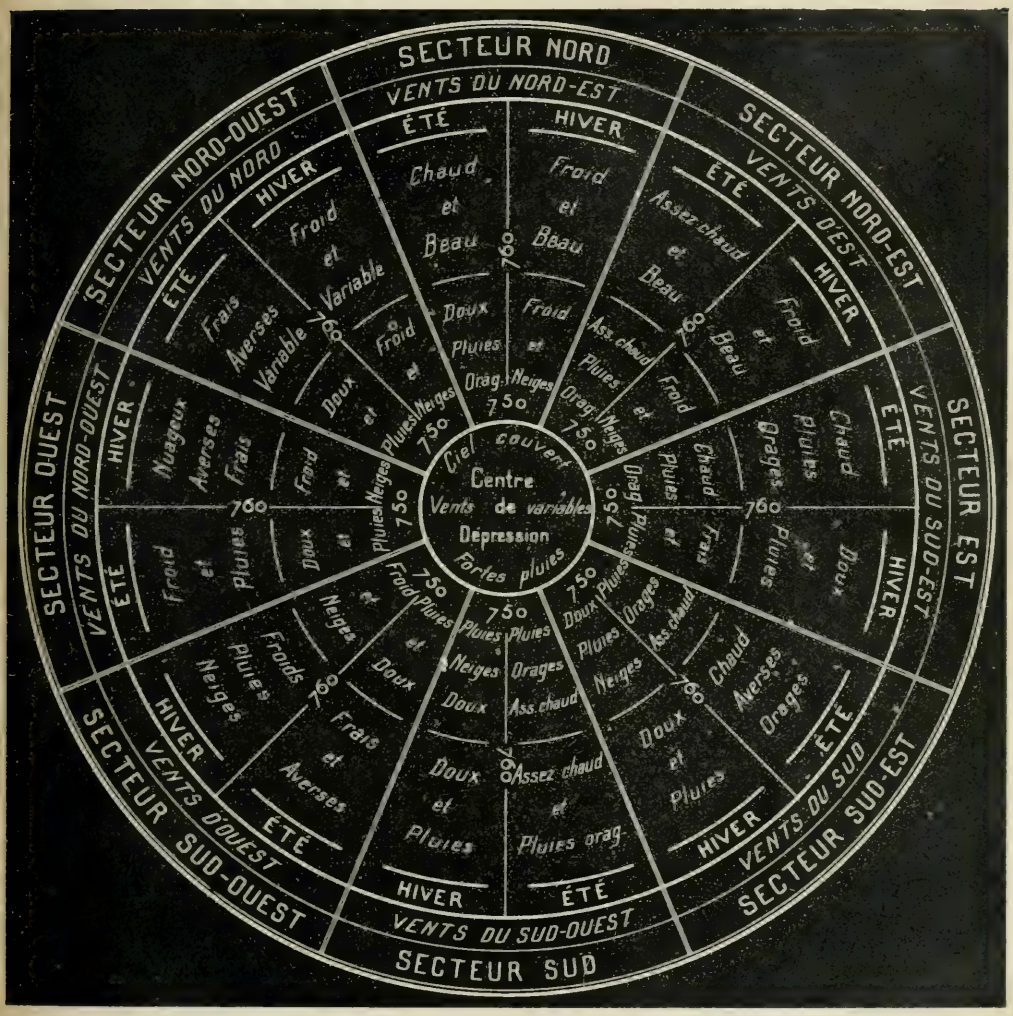
Le mieux sera donc de rechercher le centre de cette dépression et de savoir dans quel secteur nous nous trouvons à un moment donné.

Le tableau suivant indiquera le temps à annoncer d'une façon générale.

CRISTAL DE NEIGE VU AU MICROSCOPE.

TABLEAU DE LA PRÉVISION DU TEMPS

Dressé par l'Abbé Th. Moreux



MANIÈRE DE SE SERVIR DU TABLEAU POUR PRÉVOIR LE TEMPS PROBABLE.

Cherchez d'abord le secteur où vous vous trouvez par rapport à la dépression, en consultant la direction des nuages *au-dessus de votre tête*. Exemple : les nuages viennent du Sud-Ouest ; reportez-vous au secteur qui donne cette direction dans le Tableau : Vents du Sud-Ouest; secteur Sud. Choisissez, suivant la saison, la partie Hiver ou Eté. Vous êtes en Hiver, je suppose; si le baromètre est élevé, au-dessus de 760mm, vous lirez : « Doux et pluie ». Si le baromètre est au-dessous de 760mm, le Tableau vous donnera comme temps probable : « Pluie, neige et doux ». Orages et pluies, pendant l'été. Les situations de printemps et d'automne sont intermédiaires, mais il faut tenir compte de l'état d'avancement de la saison. Si les nuages vont très vite, vous êtes au centre de la dépression — des pluies sont probables dans le Sud et les vents sont variables.

Une aurore boréale dans les régions polaires.

CHAPITRE XI

Conclusions.

Telles sont les constatations d'ordre pratique par lesquelles nous pourrions terminer cet exposé sommaire des grands phénomènes atmosphériques. Mais la science avance tous les jours à pas de géant; la prévision du temps est liée, sans aucun doute à la solution de problèmes extrêmement complexes et qui portent avant tout, nous l'avons montré à plusieurs reprises, sur les conditions des couches situées dans les hautes régions.

Il faut donc nous détacher du sol auquel nous sommes rivés et regarder au-dessus de nos têtes l'océan aérien dont nous occupons les profondeurs.

Quelle idée les savants actuels se font-ils de l'enveloppe gazeuse qui entoure la Terre?

La réponse à cette question serait bien propre à plonger dans l'étonnement les météorologistes d'autrefois.

Après que Lavoisier eut analysé l'air que nous respirons, et qu'il en eut démontré la composition simple, les hommes de son époque — je veux dire ceux que la question intéressait — se tinrent pour très satisfaits et beaucoup d'entre eux pensèrent, sans doute, que l'atmosphère avait livré aux chimistes ses secrets inviolés.

Mais l'analyse n'avait porté que sur des échantillons pris à la surface du sol et les ascensions se bornèrent tout d'abord à l'exploration d'une mince couche, enveloppant à peine les rugosités de l'écorce terrestre.

Nous avons vu comment l'aéronautique s'est chargée, au moyen des ballons-sondes, de rapporter des volumes d'air puisés à une trentaine de kilomètres du niveau de la mer. Ce résultat inespéré n'est presque rien, cependant, si l'on

envisage l'épaisseur totale de l'atmosphère.

L'analyse spectrale, les observations astronomiques, les déductions des météorologistes, l'examen des aurores polaires, comme aussi celui des étoiles filantes, ont modifié notablement nos idées sur la constitution des gaz composant notre océan aérien.

D'après les expériences les plus récentes, la Terre serait entourée d'une quadruple enveloppe gazeuse, et chaque couche serait assez nettement séparée par des surfaces de niveau bien définies.

La première de ces couches, celle que nous respirons, ne dépasserait pas une douzaine de kilomètres de hauteur.

Toutes les montagnes du globe seraient plongées dans ce milieu où dominent l'oxygène, l'azote, l'acide carbonique. C'est là aussi que nous avons trouvé en quantités infinitésimales, le néon, l'argon, le xénon et le krypton, sans compter les émanations ammoniacales, les gaz sulfhydriques, azotés, chlorurés, etc., etc., que la vapeur dissout en proportions variables.

C'est dans cette couche enfin, où nous constatons des froids intenses de 55 degrés dans la partie supérieure, qu'évoluent nos nuages ordinaires.

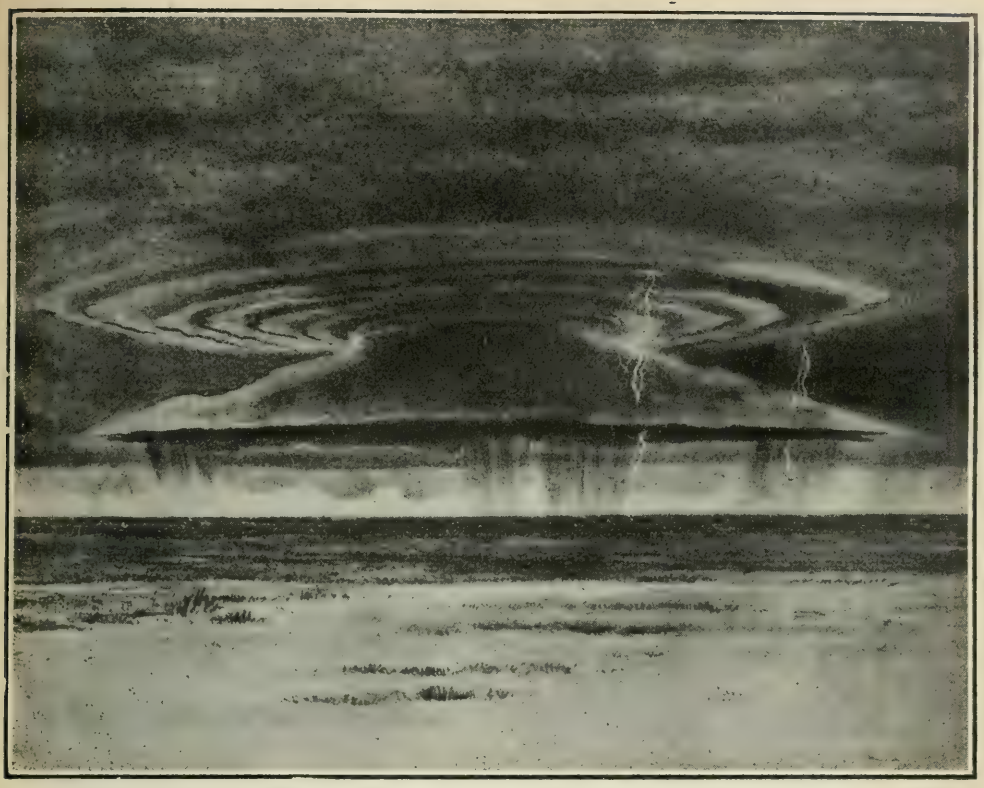
A partir de douze kilomètres, nous entrons dans une enveloppe quelque peu différente, c'est la *stratosphère*, c'est-à-dire la région des calmes, par opposition à la première nommée *troposphère* ou enveloppe tourmentée par les vents et les courants ascendants.

CIRRO-MAMMATUS ET TEMPS DE PLUIE. (*Cliché Quénisset.*)

Il est évident que les surfaces de séparation doivent être difficiles à différencier, et qu'on ne saurait passer brusquement de l'une à l'autre.

Cependant, si au-dessus de 12 kilomètres nous rencontrons encore les gaz déjà observés plus bas, oxygène et ceux de la famille de l'argon, il n'en reste pas moins certain que l'azote tend à y pré-

Un ciel de cumulus. (*Cliché Vaisse.*)



NUAGE ORAGEUX EN FORME D'OMBRELLE OBSERVÉ EN AMÉRIQUE (1897).

dominer à mesure qu'on atteint des hauteurs se rapprochant de l'altitude de 75 kilomètres.

Cette fois, nous pénétrons dans une couche presque exclusivement composée d'hydrogène, irrespirable par conséquent.

La surface de séparation est assez nette pour donner lieu à des réflexions du son, et les choses se passent comme si là-haut existait une paroi courbe solidifiée, capable de faire écho, pour ainsi dire aux grands bruits de la terre.

Je n'en veux pour preuve que les curieux phénomènes sonores auxquels a donné lieu l'explosion de dynamite du chemin de fer de la Jungfrau, en 1908.

L'explosion fut nettement perçue à 40 kilomètres, ce qui est normal. Autour de cette circonférence de 40 kilomètres de rayon, personne ne put noter le bruit du phénomène, mais il fut entendu dans une zone beaucoup plus éloignée, commençant à 140 kilomètres du centre. Le son perçu n'était donc que l'écho produit par les vibrations sonores répercutées par la couche d'hydrogène située à 75 kilomètres plus haut.

Dans cette enveloppe hydrogénée, formée d'un gaz relativement visqueux, on comprend que les bolides et les étoiles filantes, en raison de leur vitesse énorme, puissent acquérir une température excessive et arriver jusqu'à l'incandescence.

Et on constate en fait, que ces météores ne commençent à donner des lueurs qu'à une altitude de 120 kilomètres, pour s'éteindre brusquement dans les régions de la stratosphère, où l'azote rencontré fait sur eux l'effet d'une dou-

che d'eau froide sur un charbon ardent.

Ces faits curieux, observés depuis longtemps, étaient demeurés inexplicables avant ces ingénieuses théories. Les éruptions volcaniques confirment d'ailleurs ces vues nouvelles d'une façon inespérée.

Habituellement, en effet, les tourbillons de fumée échappés des volcans s'élèvent en raison de leur vitesse initiale, comme des colonnes rectilignes. Elles traversent, en ligne droite, la première couche, mais lorsqu'elles rencontrent la seconde, elles s'étalent sous la forme d'un panache rappelant l'aspect d'un immense champiguon, indiquant ainsi que dans la stratosphère, les courants ascendants font absolument défaut. Néanmoins, les réserves inimaginables d'hydrogène amenées jusque-là, en raison de leur légèreté, continuent leur chemin et vont donner lieu à la formation de nuages lumineux beaucoup plus élevés.

La salle des appareils enregistreurs de la Tour Eiffel au Bureau Central météorologique de France.

C'est ce qui est arrivé, de 1885 a 1887, lors de l'éruption du Krakatoa, où ces phénomènes se manifestèrent à une hauteur de 83 kilomètres.

Il semble que l'atmosphère terrestre doive s'en tenir là. L'hydrogène est le plus léger des gaz qui nous sont familiers, et s'il est logique d'admettre qu'il tend sans cesse à monter, on ne voit pas quelle substance pourrait lui disputer le record de la hauteur.

Eh bien, au-dessus de l'enveloppe hydrogénée s'en trouve pourtant une autre plus épaisse que les trois premières et qui atteint peut-être des hauteurs de 500 à 600 kilomètres. C'est là que siègent en partie les aurores polaires, et ce sont précisément ces phénomènes qui nous ont permis de l'étudier.

L'aurore polaire, on le sait depuis longtemps, est une manifestation d'ordre électrique, c'est une sorte d'illumination analogue à celle que nous admirons dans nos tubes de Geissler, où les gaz sont fortement raréfiés.

Les rayons auroraux, les draperies qui déploient la féerie de leurs couleurs nuancées à l'infini, descendent jusque dans la couche hydrogénée, mais les arcs brillants si fréquemment observés partent de la quatrième enveloppe, de celle que l'analyse spectrale nous indique comme composée d'un gaz inconnu, rappelant le coronium, cette substance mystérieuse qui entoure le Soleil comme d'une auréole de rêve et que les astronomes étudient pendant les éclipses totales.

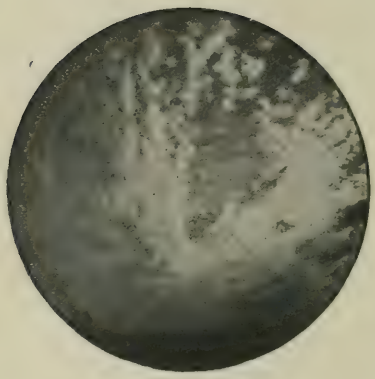
Nous voilà loin, il me semble, de la constitution simpliste de l'atmosphère admise autrefois par les contemporains du grand Lavoisier.

Ainsi, à mesure que nous étudions la nature nous apparaît d'une complexité bien propre à nous donner le vertige; le domaine de l'inconnu s'étend à notre regard émerveillé, et c'est là vraiment que nous commençons à comprendre la poésie de la Science.

TABLE DES MATIÈRES

PAGES

I. — L'Océan aérien. 5
II. — Que respirons-nous ? 9
III. — La Mécanique de l'atmosphère 21
IV. — Les sondages aériens 32
V. — Le chaud et le froid 47
VI. — Les grands courants aériens. 57
VII. — Histoire d'une goutte d'eau. 68
VIII. — Cyclones, trombes et tempêtes. 81
IX. — La Foudre et les Orages. 92
X. — Le beau et le mauvais temps. 110
XI. — Conclusions 121



La Bibliothèque
Université d'Ottawa
Echéance

The Library
University of Ottawa
Date Due

a39003 004839675b

CE QB 0505
.M60
COO MOREUX, THEO L'OCEAN AE
ACC# 1290436

U D' / OF OTTAWA
COLL ROW MODULE SHELF BOX POS C
333 07 14 04 02 19 9